ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ

«XXVI СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫ» АТТЫ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ МАТЕРИАЛДАРЫ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙКОНФЕРЕНЦИИ «XXVI САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ»

VIII том

ПАВЛОДАР
2026

ӘОЖ 001
КБЖ 72
66

Редакция алқасының бас редакторы:
Медетов Н. Ә., ф.-м.ғ.д., «Торайғыров университеті» КеАҚ Басқарма Төрағасы – Ректор

Жауапты редактор:
Кельдыбеков М. Б., PhD докторы, «Торайғыров университеті» КеАҚ Ғылыми жұмыс және зерттеулерді коммерцияландыру жөніндегі Басқарма мүшесі – проректор

Редакция алқасының мүшелері:
Исенова Б. К., Ибраева А. Д., Абліш Р. М., Каверина М. М., Осипова А. В., Трубицкий Б. С., Смагулов Р. М., Камалиден А. А., Кульбеков А. М., Заканова А. Н.

Жауапты хатшы:
Слямғали С. С., Анарбаев А. Е., Зейтова Ш. С., Абенова А. Т., Алимова Ж. С., Жангазинова Д. М., Кайниденов Н. Н., Шалабаев Б. А., Ибраева А. К., Кабдулина К. Т., Мажитова А. Е., Бекниязова Д. С., Ауешева Ф. А., Каменов А. А., Ткачук А. А., Зарипов Р. Ю., Қабылқайыр Д. Н., Акимбекова Н. Ж., Жапар Ж. Б., Байтемирова А. К., Урузалинова М. Б., Дәуіт Ж., Джанаргалиева М. Р.,Тугамбаева Т. Б., Садвакасова М. Ж., Толокольникова Н. И., Жуманбаева Р. О., Кривец О. А., Кильдыбекова Б. Е., Рахимбаева М. Н., Мажитова А. Ә., Боранкулова Б. Е., Ордабаева Ж. Е., Шабамбаева А. Г., Акшанова А. М., Машрапова З. С., Таскарина А. Е., Попандопуло А. С., Абдрахманова А. А., Қаппас Ф. Н.

Ж66 «XXVI Сәтбаев оқулары» атты Халықаралық ғылыми конференцияның материалдары – Павлодар : Торайғыров университеті, 2026.

ISBN 978-601-345-761-1 (жалпы)
Т. 8 «Жас ғалымдар». – 2026. – 593 б.
ISBN ISBN 978-601-345-753-6

«XXVI Сәтбаев оқулары» атты Халықаралық ғылыми конференцияның материалдары (10 сәуір 2026 жыл) жинағында келесі ғылыми бағыттар бойынша ұсынылған мақалалар енгізілген: Энергетика, Физика-математикалық және компьютерлік ғылымдары, Ауыл шаруашылығы және АӨК, Мемлекеттік басқару, бизнес және құқық, Сәулет және құрылыс, Заманауи инженерлік инновациялар мен технологиялар, Жаратылыстану ғылымдары, Гуманитарлық және әлеуметтік ғылымдары.

Жинақ көпшілік оқырманға арналады.
Мақала мазмұнына автор жауапты.

ӘОЖ 001
КБЖ 72

ISBN ISBN 978-601-345-753-6 (Т. 8)
ISBN 978-601-345-761-1 (жалпы)

© Торайғыров университеті, 2026

Энергетика
Энергетика

Секция 1
Энергетиканың дамуы
Развитие энергетики

МЕТОД ГРАФОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТОКОВ В КОМПЛЕКСЕ ПРОКАЛКИ НЕФТЯНОГО КОКСА

АЙТМАГАМБЕТОВА Г. А.
докторант, Торайгыров университет, г. Павлодар
НИКИФОРОВ А. С.
д.т.н. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Производство прокаленного нефтяного кокса является одним из наиболее энергоемких процессов в современной углеродной и металлургической промышленности. Высокотемпературная обработка сырья, протекающая при температурах до 1300–1400 ^{0}C, требует не только колоссального подвода тепловой энергии, но и эффективного управления сложной системой тепловых и материальных потоков. На современных предприятиях, таких как установки прокалки нефтяного кокса (УПНК), печь прокалки не является изолированным агрегатом; она интегрирована в общую теплоэнергетическую схему, включающую печи дожига, котлы-утилизаторы и паротурбинные установки для выработки собственной электроэнергии.

Суть предлагаемого метода заключается в системном подходе к анализу всей технологической цепочки как единого целого. В отличие от традиционных методов, которые рассматривают КПД отдельной печи или турбины, графодинамическое моделирование позволяет математически связать локальные изменения (например, улучшение теплоизоляции печи) с конечными системными показателями (выработкой пара и электрической мощности).

Для формализации взаимосвязей между аппаратами используется аппарат ориентированных графов [1]. Технологическая схема представляется в виде совокупности восьми функциональных вершин, где каждая вершина - это отдельный технологический узел, а дуги - направленные потоки массы и энергии.

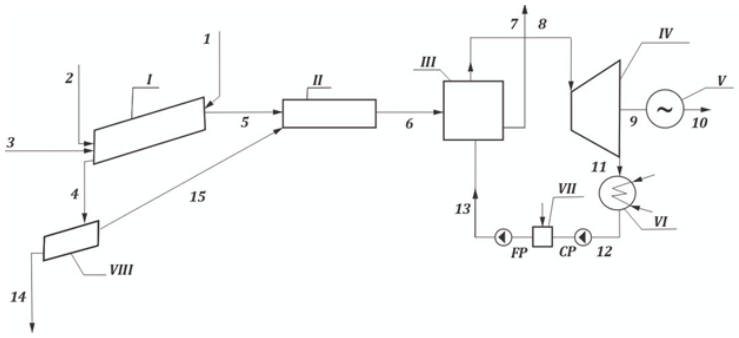


Рисунок 1 – Технологическая схема комплекса по производству прокаленного кокса в барабанных печах

I - печь прокаливания, II – печь дожига, III - котел утилизатор, IV- турбина, V – электрогенератор, VI – конденсатор, VII - деаэратор, VIII – холодильник, CP - конденсационный насос, FP - питательный насос. А также 1 – подача нефтяного кокса, 2 –топливо, 3 - воздух, 4, 14 - прокаленный кокс, 5, 6 – отходящие газы, 7 - дымовые газы, 8 – пар, 9 – связь по механической энергии, 10- связь по электроэнергии, 11- отработавший пар, 12 –конденсат, 13 – питательная вода. 15 - пар из холодильника.

Особенностью данной модели является введение структурных и физических уравнений для каждой вершины. Например, для печи прокалки (узел I) записывается уравнение сохранения структуры твердого потока G1−G4=0, которое затем корректируется физическим коэффициентом выхода кокса γ=0,88, учитывающим удаление влаги и летучих веществ.

Эффективность модели зависит от точности задания свойств теплоносителей. В основу расчетов положены данные производственного контроля качества кокса. Качество кокса напрямую отражает температурный режим печи: так, массовая доля летучих веществ Vлет=0,8 % свидетельствует о завершенности процесса прокалки. Зольность (А=0,6 %) и пористость (П=45 %) определяют теплофизические характеристики слоя, такие как теплоемкость и скорость прогрева материала. В расчетах также учитывается влажность сырья (W=0,4 %), влияющая на потери тепла на испарение.

В соответствие с технологической схемой (рисунок 1), составляется ориентированный граф, на котором представлены обозначения элементов и связей схемы, показанного на рисунке 2.

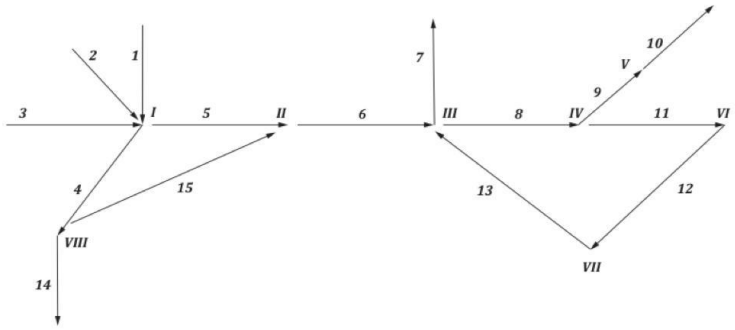


Рисунок 2 – Ориентированный граф технологической схемы комплекса по производству прокаленного кокса

I , II, III, IV, V, VI, VII, VIII - номера элементов;

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 – номера сязей.

Печь прокалки характеризуется высокой степенью автотермичности [2]. Основная часть тепла (около 12,36 ГДж/ч) выделяется за счет сгорания летучих веществ самого кокса, что значительно превышает теплоту от сжигания вспомогательного топлива (5,46 ГДж/ч). Суммарный подвод тепла в узел составляет 22,46 ГДж/ч.

Важным элементом метода является детальный расчет теплопотерь через многослойную цилиндрическую стенку печи. Стенка включает огнеупорную футеровку (δ=0,27 м), теплоизоляцию (δ=0,122 м) и стальной корпус (δ=0,108 м). Суммарное термическое сопротивление рассчитывается по формулам цилиндрической стенки, а температура наружной поверхности корпуса определяется итерационным путем. При температуре газовой среды 1400 0С температура корпуса составляет 102,6 0С, что соответствует теплопотерям в 1,297 МВт.

Таблица 1 – Тепловой баланс узла I

Показатель	Значение	Ед. изм.
Суммарный подвод тепла	22 459 968	кДж/ч
Тепло, уносимое прокаленным коксом	17 180 280	кДж/ч

Тепло отходящих газов	4 991 774	кДж/ч
Тепловые потери через футеровку	1,28	%

Отходящие газы печи (поток 5) с энтальпией 945 кДж/кг направляются в печь дожига (узел II), где смешиваются с паром из холодильника (поток 15) и добавочным воздухом. Здесь формируется энергетический потенциал для котла-утилизатора. Суммарный тепловой поток на входе в котел достигает 119 ГДж/ч.

В котле-утилизаторе (узел III) энергия газов передается водо-паровому контуру. При коэффициенте использования теплоты γ3=0,9 обеспечивается генерация 35 000 кг/ч пара (поток 8). Метод позволяет четко разделить полезную теплоту, идущую на парообразование (83,3 ГДж/ч), и потери в окружающую среду (9,25 ГДж/ч). Для обеспечения математической замкнутости в модели используются замыкающие переменные по давлению: давление газов на входе в котел принимается равным 99,5 кПа, а пара на выходе - 3,1 МПа.

Выработанный пар (поток 8) распределяется между турбинами (узел IV). На одну турбину поступает 16 000 кг/ч пара, что при удельном перепаде энтальпий 794,1 кДж/кг обеспечивает механическую мощность 3 МВт. В узле V (генератор) с учетом КПД 0,98 механическая энергия преобразуется в электрическую. Суммарная мощность четырех турбин комплекса составляет 12 МВт.

Применение графодинамического метода позволило выявить критический дисбаланс в узле VIII (холодильник кокса). Теплота, снимаемая с кокса при его охлаждении с 1050 0С до 100 0С, составляет 13,6 ГДж/ч. Этого количества энергии достаточно для получения лишь 5 247 кг/ч пара, тогда как технологическая схема УПНК требует подачи 40 021 кг/ч пара в печь дожига. Это свидетельствует о том, что основной объем пара для технологических нужд должен поступать от внешних источников, например, от жаротрубного парогенератора, работающего на дополнительном топливе.

Предложенный метод графодинамического моделирования позволяет перейти от локальной оценки эффективности агрегатов к системному анализу всего комплекса прокалки [3]. Установлено, что тепловое состояние печи прокалки является «управляющим» фактором для всей энерготехнологической цепи. Несмотря на то, что оптимизация футеровки печи позволяет снизить локальные теплопотери лишь на 20–25 %, это изменение по цепочке связей в ориентированном графе приводит к росту температуры газов перед

котлом-утилизатором и, как следствие, к увеличению выработки электроэнергии.

ЛИТЕРАТУРА

1 Седнин В. А. Моделирование, оптимизация и управление теплотехническими системами. – Минск: БНТУ, 2021. – 68 с.

2 Громова Е. Н. Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки. – СПб: ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. – Ч. 1. – 88 с.

3 Айтмагамбетова Г. А., Никифоров А. С. Некоторые аспекты оптимизационной задачи энергоэффективной работы комплекса по прокалке кокса // Вестник Торайгыров университета. – 2024. – № 3. – С. 200.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ КАЗАХСТАНСКИХ УГЛЕЙ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

АЙТМАГАМБЕТОВА М. Б.
докторант, КАТИУ имени С. Сейфуллина, г. Астана
УМИРЗАКОВ Р. А.
докторант, КАТИУ имени С. Сейфуллина, г. Астана
СЕЙТЖАППАРОВ Н. Қ.
докторант, ЕНУ имени Л. Н. Гумилева, г. Астана
МЕРГАЛИМОВА А. К.
научный руководитель, PhD, ассоц. профессор, КАТИУ имени С. Сейфуллина, г. Астана

Современная теплоэнергетика Казахстана, несмотря на глобальный тренд декарбонизации, продолжает опираться на уголь как на основной энергетический ресурс. Однако традиционные методы прямого сжигания угля на тепловых электростанциях (ТЭС) сопряжены с рядом критических проблем: низкой полнотой использования химической энергии топлива, нестабильностью горения при малых нагрузках и значительными выбросами токсичных веществ. Особую сложность представляет процесс пуска котлоагрегатов, требующий использования мазута, что ведет к выбросу высокотоксичного пятиокиси ванадия (V_2O_5) и увеличивает эксплуатационные расходы. Переход на предварительную термическую подготовку топлива позволяет трансформировать

уголь в высокореакционную двухфазную систему, обеспечивая эффективную безмазутную растопку [1].

Ключевым инструментом повышения эффективности деструкции угля в рамках исследования является режим «термического удара». В отличие от стандартных методов постепенного нагрева (например, по стандарту ASTM), данная технология предполагает внезапный нагрев угольных частиц со скоростью 100–120 ^{0}C/мин.

При таком интенсивном тепловом воздействии внутри угольной частицы возникают мощные термические напряжения, приводящие к накоплению энергии формоискажения углерод-углеродных связей. Для наиболее реакционноспособных образцов эта внутренняя энергия достигает 57,18 кДж/кг. На рисунке 1 представлены кривые изменения внутренней энергии деформации для различных образцов угля (S1, S2, S3) при резком температурном воздействии [2].

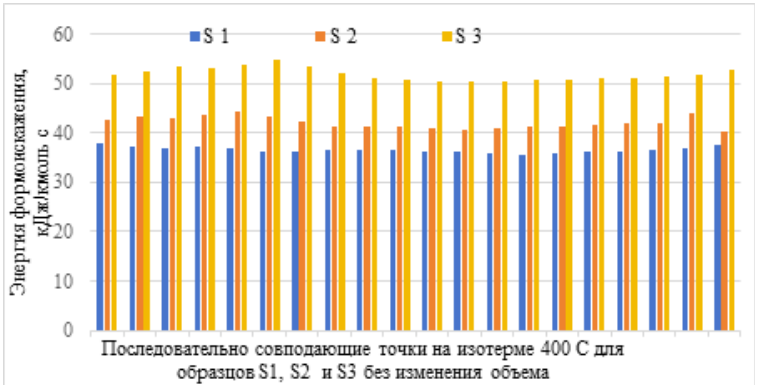


Рисунок 1 – Интенсивность формоискажения углерод-углеродных связей в угле при внезапном нагреве (изотерма 400 ^{o}C)

Рисунок 1 наглядно подтверждает механизм активации топлива. Видно, что при достижении 400 ^{0}C энергия формоискажения достигает пиковых значений (до 57,18 кДж/кг), что приводит к разрыву молекулярных связей и интенсивному выделению летучих веществ при более низких температурах, чем в стандартных условиях. Это позволяет активировать процесс выделения горючих летучих веществ (ГЛВ) при более низких температурах и создает развитую реакционную поверхность у твердого остатка.

В ходе исследований на лабораторном стенде с герметичной реакционной камерой были протестированы три типа углей, существенно различающихся по степени метаморфизма:

Каменный уголь Шубаркульского месторождения (С= 76,9 %) показал наилучшие результаты. При температуре 600 ^{0}C полученный газ содержит 34,3 % водорода и 41,4 % метана, обладая теплотой сгорания 22,1 МДж/м^3.

Бурый уголь Майкубенского месторождения (С=73,5 %) генерирует газ с теплотой сгорания 17,2 МДж/м^3 и содержанием водорода 23,4 %.

Бурый уголь Сарыадырского месторождения (С=40,7 %) обладает самым низким потенциалом выхода ГЛВ (теплота сгорания газа 13,5 МДж/м^3), однако термическая подготовка все равно позволяет получить из него ценный твердый карбонизат.

Твердый остаток (карбонизат) после удаления летучих веществ для всех видов углей характеризуется теплотой сгорания в диапазоне 27,2–29,3 МДж/кг, что значительно превосходит показатели исходного топлива.

Данное исследование выполнено в рамках реализации научно-исследовательской работы № AP19675062 «Разработка чистой угольной технологии для получения летучих горючих веществ».

Разработанная комбинированная технология предусматривает раздельное использование газообразных и твердых продуктов термической обработки угля в различных зонах топочного устройства. Такой подход позволяет рассматривать уголь не как единый вид топлива, а как комбинированную топливную систему, в которой газ и кокс используются совместно, но в различных функциональных зонах установки:

– нижняя зона (слоевое сжигание). Сюда подается крупная фракция активированного коксового остатка. Предварительный прогрев делает его более реакционноспособным, что обеспечивает быстрое воспламенение и более полное выгорание углерода;

– верхняя зона (пылевидное сжигание). Мелкая фракция угля измельчается до состояния пыли и подается в горелки. В эту же область вводится полученный угольный газ, который выполняет роль «подсветки» факела. Благодаря высокой скорости воспламенения водорода и метана, газ стабилизирует горение угольной пыли, позволяя котлу устойчиво работать даже при пониженных нагрузках без использования мазута.

Для оценки эффективности предложенной технологии были исследованы три вида углей казахстанских месторождений: Шубаркульского, Майкубенского и Сарыадырского. Указанные угли различаются по типу, структуре и содержанию летучих веществ, что оказывает существенное влияние на состав и энергетические характеристики газа, образующегося в процессе термической обработки.

Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о значительных различиях в показателях получаемого газа, что отражено в таблице 1.

Наиболее высокие значения получены для Шубаркульского угля. Газ, образующийся при его термической переработке, характеризуется теплотворной способностью 22,1 МДж/м³, что сопоставимо с параметрами качественных энергетических газов. Дополнительно данный уголь обеспечивает максимальный выход горючих компонентов.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики газа, получаемого при термической обработке углей

Месторождение	Тип угля	Максимальная теплота сгорания газа, МДж/м3	Суммарный выход горючих компонентов (CO, H2, CH4), %
Шубаркульское	каменный	22,1	18,71
Майкубенское	бурый	17,2	10,85
Сарыадырское	бурый	13,5	6,7

Бурые угли Майкубенского и Сарыадырского месторождений демонстрируют более низкие значения теплоты сгорания получаемого газа. Тем не менее их термическая обработка также приводит к положительным результатам. После удаления летучих веществ формируется коксовый остаток с теплотой сгорания в диапазоне 27,2–29,3 МДж/кг, что существенно превышает энергетические характеристики исходного топлива.

Даже для углей с относительно низкой энергетической ценностью предварительная термическая обработка способствует улучшению свойств твёрдого остатка и повышает эффективность его последующего использования в процессах сжигания [3].

На рисунке 2 представлены основные узлы системы: от приемки топлива (1) и мельницы (3) до узла термической обработки (4) и раздельных зон сжигания (5, 6, 7). Зона 5 предназначена для слоевого сжигания коксового остатка, зона 6 – для сжигания

полученного угольного газа, а зона 7 - для пылевидного сжигания угля с газовой «подсветкой». Это доказывает возможность работы котла в безмазутном режиме [4].

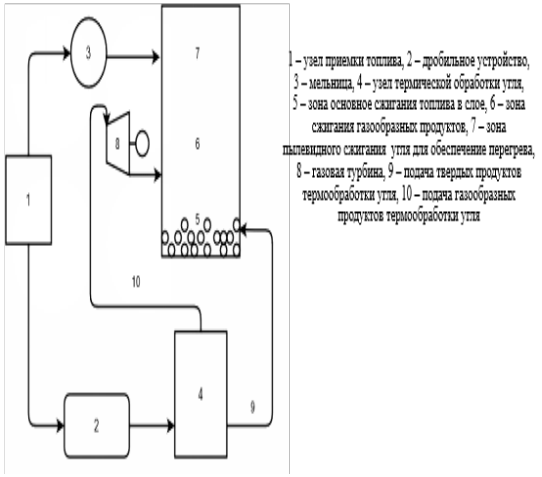


Рисунок 2 – Схе;ма ком;бинированной тех;нологии сжи;гания угл;ей
1 – узел при;емки топлива, 2 – дробильное устройство, 3 – мельница, 4 – узе;л термической обработки угля,
5 – зона основное сжи;ания топлива в слое, 6 – зона сжигания газообразных продуктов, 7 – зона пылевидного сжигания угля для обеспечение перегрева, 8 – газовая турбина, 9 – подача твердых продуктов термообработки угля, 1;0 – подача газообразных продуктов термообработки угля.

Внедрение технологии термического удара и ГЛВ вместо мазутной растопки дает выраженный экологический эффект:

полностью исключаются выбросы пятиокиси ванадия (V2O5), характерные для сжигания мазута;

снижение выбросов NOx и SOx. Концентрация оксидов азота снижается до 500 мг/м³, а оксидов серы - до 700–800 мг/м³;

динамика CO_2. Математическое моделирование в среде Ansys CFX показало, что режим термического удара смещает начало выделения углекислого газа из низкотемпературной области (150 ^{0}C) в область 402–410 ^{0}C. Это снижает концентрацию CO_2 в продуктах деструкции на 65 % по сравнению с медленным нагревом, а общее

сокращение выбросов углекислого газа за весь цикл подготовки составляет около 12 % [5].

Помимо крупных ТЭС, технология открывает возможности для создания автономных энергетических систем в удаленных населенных пунктах Казахстана. Схема включает:

– реактор термической обработки местного угля;

– ресивер для накопления угольного газа (используется для выработки электроэнергии в газовых турбинах и бытового газоснабжения);

– систему утилизации тепла для горячего водоснабжения (ЛГВС).

Интеграция метода термического удара в технологический цикл подготовки казахстанских углей позволяет решить триединую задачу: повысить КПД энергоустановок за счет использования высокореакционного двухкомпонентного топлива, обеспечить полную независимость от мазута при растопке и значительно снизить углеродный след и токсичные выбросы, отвечая целям углеродной нейтральности Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

1 Алияров Б.К., Алиярова М.Б., Жалмагамбетова У., Мергалимова А.К., Мессерле В.Е., Устименко А.Б. Технологии безмазутной растопки котлов и стабилизации воспламенения пылеугольного факела на тепловых электростанциях // Горение и плазмохимия. – 2019. – Т. 17. – С. 193–202.

2 A. Atyaksheva, A. Mergalimova, S. Ybray, A. Dashevskaya, N. Ryvkina. Simulation heating process for weakly reactive coal in the horizontal reactor//Вестник ТОУ, Энергетическая серия. - № 3, 2024. - С.38-49.

2 Исаева Л.К., Спиридонов В.П. Влияние свойств углей на эффективность и безопасность генерации электрической энергии. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.Энергетика и рациональное природопользование.

3 Mergalimova, A., Atyaksheva, A., Ybray, S., & Seitzhapparov, N. (2024). Identification of the low-rank coals thermal heating behavior.

4 Мунц В.А. Горение и конверсия органических топлив: учебное пособие - Екатеринбург: УрФУ, 2016. - 244 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В УЧЕБНЫХ КОРПУСАХ НАО «ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ»

АРИПОВА Н. А.
доктор PhD, доцент, Торайгыров университет, г. Павлодар
АШАНИН А. И.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

С каждым годом потребление энергетических ресурсов в мире значительно возрастает. Поэтому проблема рационального использования тепловой энергии приобретает в современных условиях первостепенное значение. Тепловая энергия составляет около 50 % мирового конечного потребления энергоресурсов, при этом большая ее часть теряется вследствие несовершенства технологических процессов, устаревшей инфраструктуры и недостаточной тепловой защиты зданий [1, с. 1]. Именно по этой причине определение путей решения данных проблем является основной задачей для энергетики.

Одним из таких способов для оценки нерациональных энергозатрат является энергоаудит. Энергетический аудит – это сбор информации об объеме используемых энергетических ресурсов на исследуемом объекте, определение проблемных участков и предложение экономически и экологически эффективных организационных и технологических способов их решения [2, с. 2; 3, с. 2]. Энергоаудит производится независимыми организациями. Задачами энергоаудита являются: анализ состояния систем теплоснабжения, электроснабжения и водоснабжения объекта, проверка энергетических балансов предприятия, выявление необоснованных потерь, определение потенциала энергосбережения и предложение мероприятий по повышению энергетической эффективности [2, с. 2; 3, с. 3; 4, с. 2]. Энергоаудит производится в несколько этапов. На первом этапе производится сбор данных о физических характеристиках и тепловых характеристиках объекта исследования, в том числе и практическими способами, такими как тепловизионная съемка. На втором этапе исследования энергоаудитором производится физическое исследование объекта с помощью различных приборов. На третьем этапе производится обработка и анализ полученных при инструментальном исследовании данных для построения энергетического баланса здания. После

формирования энергетического баланса объекта конечные результаты анализируются для определения проблемных зон здания и определения потенциала энергосбережения. На завершающем этапе объекту присваивается класс энергетической эффективности и формируются рекомендации по снижению энергопотребления. [2, с. 3; 4, с. 2]

Тепловизионная съемка (тепловизионное обследование) производится для получения данных об объекте посредством регистрирования данных о температуре в инфракрасном диапазоне с помощью тепловизора [5, с. 3]. Тепловизор – прибор, способный снимать изображения в инфракрасном диапазоне излучения. Может быть использован для бесконтактного измерения температуры, определения участков повышенной и пониженной температуры, а также получения температурного поля объекта в целом.

В 2018 году в главном корпусе Торайгыров университета был проведен энергоаудит для определения потенциала энергосбережения в результате принятия закона «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» [6]. В результате проведения измерений были определены основные источники потерь и предложены мероприятия по их устранению [7, с. 24]. Одним из таких мероприятий стала установка дополнительной теплоизоляции на северной и северо-восточной стенах библиотеки и лекционных аудиторий. Также упоминания заслуживают дипломный проект Смаилова Р. Е., в котором был проведен предварительный анализ состояния теплоизоляции ограждающих конструкций [8, с. 9] и дипломный проект Однодворца В.В., в котором были рассчитаны методы и материалы для утепления северо-восточной стены библиотеки и лекционных аудиторий, а также стоимость их установки и эксплуатации [9, с. 10].

Данная работа является продолжением исследования, озвученных в статье [10] и дипломной работе, написанной в 2025 году. В статье был проведен анализ тепловых потерь помещений главного учебного корпуса университета и предложены методы устранения найденных проблемных зон [10, с. 9]. В последующей дипломной работе масштаб исследований был увеличен, теперь включая не только помещения главного учебного корпуса, но и помещения пристройки. Также была проведена оценка эффективности дополнительной изоляции, установленной на ограждающих конструкциях библиотеки и лекционных аудиторий,

определены ее сроки окупаемости и количество теплоты, сохраненное с момента установки термопанелей [11, с. 17].

Проблема повышения тепловой эффективности является популярной. Были изучены работы других авторов, в которых было проведено исследование схожей проблемы и проанализированы методы, использованные составителями данных работ. Так авторы работы [12, с. 5] произвели вычисление годового потребления тепловой энергии лицеем в г. Белгород, выполнили наружную тепловую съемку здания для определения дефектов, определили самые крупные источники потерь тепловой энергии и выполнили тепловой расчет, но ими не были предложены организационные мероприятия по увеличению энергосбережения и использованные методы расчета не были приведены в тексте статьи. В работе [13, с. 7] авторами был произведен комплексный энергоаудит университета в г. Самара и предложены долгосрочные мероприятия по увеличению энергоэффективности. Основным недостатком данной работы является то, что авторами не предложены краткосрочные мероприятия по уменьшению потерь и повышению эффективности.

Проведенный анализ методов и результатов, полученных вышеперечисленными различными авторами, позволяет сформировать представление о ходе проведения энергетического аудита и сформулировать ряд рекомендаций.

ЛИТЕРАТУРА

1 Renewables 2025. Analysis and forecasts to 2030 // IEA. 7 октября 2025 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.iea.org/reports/renewables-2025/renewable-heat

2 Фахрисламова Е.И. Энергетический аудит: основные элементы и правовое регулирование данного процесса - Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития – 2016 г.

3 Савин Л.А., Грядунова Е.Н., Усикова И.Г. Энергоаудит, как средство повышения энергоэффективности общественных зданий // Материалы XVIII международной научно-практической конференции. Под редакцией А.Н. Качанова, Ю.С. Степанова. - 2020

4 Тыршу М. С., Зайцев Д. А., Голуб И. В. Энергоаудит как инструмент энергосбережения - Проблемы региональной энергетики – 2013 г.

5 Н.Л. Дорофеева, У.Д. Коршунова Тепловизионный контроль теплопотерь жилых зданий – Молодежный вестник ИРГТУ – 2021 г.

6 Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности»

7 Отчет по энергоаудиту РГП на ПХВ «Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова» Министерства образования и науки Республики Казахстан – Павлодар, 2019 г.

8 Смаилов Р.Е. Снижение тепловых потерь административного здания за счёт модернизации теплоизоляции. Дипломный проект. Торайгыров университет – Павлодар, 2022 г.

9 Однодворец В.В. Реконструкция тепловых ограждений ГУК Торайгыров университета с целью снижения тепловых потерь. Дипломный проект. ТоУ -2025 г.

10 Ашанин А. И., Однодворец В. В. Анализ тепловых потерь аудиторного фонда Торайгыров Университета // Материалы республиканской научной конференции молодых ученых, студентов, и школьников «XXIV Сатпаевские чтения», посвященная 125-летию академика Каныша Сатпаева». Т. 6. с.3-10. Павлодар, 2024.

11 Ашанин А.И. Анализ тепловых потерь помещений ГУК Торайгыров университета. Дипломный проект. Торайгыров университет – Павлодар, 2022 г.

12 Свирин М.В., Гончаренко П.С., Трубаев П.А. Результаты энергоаудита МАНОУ «Шуховский Лицей» Г. Белгорода // II Международная научно-техническая конференция. Секция молодых ученых. Сборник трудов. – 2017 г.

13 А. Н. Бранфилева Оценка эффективности энергоаудита системы теплоснабжения учебного корпуса № 1 САМГТУ – Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура – 2021 г.

ПОДХОД К ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ДЕРЕВА ОТКАЗОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ КОЛЬЦЕВЫХ СХЕМ ОРУ

БАРУКИН Ю. С.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
БАРУКИНА Н. Ю.
преподаватель специальных дисциплин, Высший колледж электроники и коммуникаций, г. Павлодар

Надёжность электрических станций и подстанций во многом определяется работоспособностью открытых распределительных устройств (ОРУ), обеспечивающих коммутацию блоков генератор-трансформатор, линий электропередачи, трансформаторов и других элементов энергосистемы. Отказы коммутационного оборудования или вспомогательных устройств могут приводить к отключению присоединений, снижению пропускной способности сети и недоотпуску электроэнергии потребителям [1, 2].

В современных энергосистемах широко применяются различные схемы построения ОРУ, отличающиеся структурой соединений и уровнем резервирования. Одной из распространённых конфигураций является кольцевая схема, которая обеспечивает сравнительно высокую эксплуатационную гибкость и позволяет сохранить питание присоединений при отказе отдельных элементов [3]. В такой схеме каждое присоединение подключается к кольцу через два выключателя, что создаёт дополнительные возможности для маневрирования режимами и проведения ремонтных работ без полного отключения нагрузки.

Однако увеличение числа коммутационных аппаратов и усложнение структуры соединений приводит к росту количества возможных комбинаций отказов оборудования. Это затрудняет традиционную оценку надёжности на основе простых аналитических моделей и требует применения более формализованных методов анализа [4].

Одним из эффективных инструментов исследования надёжности сложных технических систем является метод дерева отказов (Fault Tree Analysis, FTA). Данный метод основан на представлении системы в виде логической структуры взаимосвязанных событий, где верхнее событие характеризует отказ системы, а нижние события описывают отказы отдельных элементов [5]. Использование дерева отказов позволяет определить вероятность возникновения критических состояний системы, выявить наиболее уязвимые элементы и оценить влияние отдельных отказов на общую надёжность объекта.

В настоящее время метод FTA широко применяется при анализе надёжности энергетических систем, в том числе при исследовании схем распределительных устройств, систем релейной защиты и коммутационного оборудования [6]. Однако выполнение таких расчётов вручную или с использованием упрощённых моделей часто оказывается трудоёмким и не позволяет оперативно анализировать различные варианты схем.

В связи с этим актуальной задачей является разработка программных средств, позволяющих автоматизировать построение

дерева отказов и выполнение расчётов надёжности для различных конфигураций электрических схем.

Целью данной работы является разработка подхода к программной реализации метода дерева отказов для оценки надёжности кольцевых схем открытых распределительных устройств.

Кольцевая схема распределительного устройства представляет собой структуру, в которой все присоединения подключены к замкнутому контуру коммутационных аппаратов. Такая схема широко используется на подстанциях высокого напряжения благодаря сочетанию сравнительно высокой надёжности и умеренной сложности реализации [7].

Основными особенностями кольцевой схемы являются:

– каждое присоединение подключается к системе через два выключателя;

– коммутационные аппараты образуют замкнутый контур (кольцо);

– при отказе одного из элементов питание присоединений может сохраняться по альтернативному пути;

– проведение ремонтных работ возможно без полного отключения всех присоединений.

Благодаря этим особенностям кольцевая схема обеспечивает более высокую устойчивость работы по сравнению с простыми схемами с одной системой шин. В то же время наличие большого числа коммутационных аппаратов приводит к увеличению числа возможных сочетаний отказов, которые могут вызвать нарушение питания присоединений.

Поэтому для корректной оценки надёжности таких схем требуется применение методов системного анализа, позволяющих учитывать сложные логические взаимосвязи между элементами оборудования.

При анализе надёжности кольцевых схем ОРУ необходимо учитывать основные элементы, отказ которых может привести к нарушению работы схемы. К таким элементам относятся:

– силовые выключатели;

– разъединители;

– блоки генератор-трансформатор;

– линии электропередачи;

– силовые трансформаторы;

– измерительные трансформаторы;

– сборные шины;

– устройства релейной защиты и автоматики.

Каждый элемент характеризуется рядом показателей надёжности. Наиболее важными из них являются:

– интенсивность отказов λ;

– среднее время восстановления;

– вероятность безотказной работы в заданный интервал времени.

Интенсивность отказов является одним из основных параметров, используемых в расчётах надёжности энергетического оборудования [8]. Она характеризует среднее число отказов элемента в единицу времени и позволяет оценивать вероятность отказа за заданный интервал эксплуатации.

При построении модели дерева отказов каждому базовому событию соответствует отказ определённого элемента системы, которому присваивается соответствующее значение интенсивности отказов.

Метод дерева отказов представляет собой логико-вероятностную модель системы, в которой анализируется взаимосвязь между отказами отдельных элементов и отказом системы в целом [5].

Дерево отказов состоит из следующих основных элементов:

– верхнее событие – отказ системы или возникновение нежелательного состояния;

– промежуточные события – логические комбинации отказов элементов;

– базовые события – отказы отдельных компонентов системы;

– логические элементы – операторы, связывающие события.

Наиболее часто используются логические элементы:

- OR (ИЛИ) – событие происходит, если происходит хотя бы одно из входных событий;

– AND (И) – событие происходит только при одновременном возникновении всех входных событий;

– k-out-of-n – событие происходит при отказе определённого количества элементов из общего числа.

Для кольцевой схемы ОРУ верхним событием может являться потеря питания одного из присоединений или разделение кольца, приводящее к нарушению работы схемы.

При построении дерева отказов для кольцевой схемы необходимо определить логические условия возникновения отказа системы.

Например, отказ питания присоединения может происходить при одновременном отказе двух выключателей, через которые подключено данное присоединение. В логической форме это условие можно записать следующим образом:

отказ присоединения = отказ выключателя 1 AND отказ выключателя 2.

Другим возможным сценарием является разделение кольца, возникающее при отказе двух несмежных выключателей. В этом случае схема распадается на две части, что может привести к отключению отдельных присоединений.

Таким образом, сложные аварийные ситуации могут быть представлены как комбинации отказов отдельных элементов, соединённых логическими операторами.

После построения дерева отказов проводится анализ его структуры с целью определения минимальных сечений. Минимальное сечение представляет собой наименьшую комбинацию базовых событий, которая приводит к возникновению верхнего события [5].

Определение минимальных сечений позволяет выявить наиболее критические комбинации отказов оборудования и оценить их вклад в общую вероятность отказа системы.

Для автоматизации анализа надёжности кольцевых схем была предложена программная реализация метода дерева отказов. Основные этапы реализации включают:

– формирование структурной модели электрической схемы;

– построение дерева отказов на основе логических зависимостей;

– определение минимальных сечений;

– расчёт вероятности верхнего события;

– анализ влияния параметров элементов на надёжность системы.

Такой подход позволяет выполнять расчёты для различных конфигураций схем и оперативно оценивать влияние отказов оборудования на надёжность работы распределительного устройства.

Для программной реализации кольцевая схема может быть представлена в виде графовой модели.

В данной модели:

– вершины графа соответствуют узлам схемы;

– рёбра графа соответствуют коммутационным аппаратам или линиям.

Использование графовой модели позволяет эффективно описывать структуру схемы и выполнять алгоритмические операции, связанные с анализом её связности и поиском возможных путей передачи мощности [9].

В программной реализации схема может быть представлена несколькими способами:

– матрицей смежности;

– списком рёбер;

– объектной моделью элементов.

На практике наиболее удобным является объектно-ориентированный подход, при котором каждый элемент схемы описывается отдельным объектом с набором параметров надёжности.

Алгоритм построения дерева отказов включает несколько последовательных шагов.

На первом этапе определяется верхнее событие анализа. В рассматриваемой задаче таким событием может быть потеря питания определённого присоединения.

Далее выполняется декомпозиция системы на составные элементы. Для каждого элемента определяется возможный отказ и его влияние на работу схемы.

На следующем этапе формируется логическая структура дерева отказов. Для этого создаются узлы дерева, соответствующие промежуточным и базовым событиям.

В программной реализации дерево может быть представлено в виде рекурсивной структуры данных, где каждый узел содержит:

– тип логической операции;

– список дочерних узлов;

– параметры события.

Такой подход позволяет автоматически формировать дерево отказов для различных конфигураций схем и выполнять дальнейший анализ структуры.

После построения дерева выполняется поиск минимальных сечений, который может осуществляться с использованием алгоритмов перебора или методов булевой алгебры [10].

Полученные минимальные сечения используются для расчёта вероятности верхнего события и оценки вклада отдельных элементов оборудования в отказ системы.

Предложенный подход к программной реализации метода основан на представлении схемы в виде графовой модели и

автоматическом формировании дерева отказов. Такой подход позволяет существенно упростить проведение расчётов и обеспечить возможность анализа различных вариантов схем.

Разработка программных средств на основе метода дерева отказов может быть использована при проектировании и анализе распределительных устройств электрических станций и подстанций, а также при исследовании надёжности электрических схем различной сложности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Billinton R., Allan R. Reliability Evaluation of Power Systems. – New York: Plenum Press, 1996. – 542 p. [на англ. яз.].

2 Kundur P. Power System Stability and Control. – New York: McGraw-Hill, 1994. – 1176 p. [на англ. яз.].

3 Brown R. Electric Power Distribution Reliability. – Boca Raton: CRC Press, 2009. – 520 p. [на англ. яз.].

4 Endrenyi J. Reliability Modeling in Electric Power Systems. – New York: John Wiley & Sons, 1978. – 192 p. [на англ. яз.].

5 Vesely W., Goldberg F., Roberts N., Haasl D. Fault Tree Handbook. – Washington: U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1981. – 205 p. [на англ. яз.].

6 Modarres M., Kaminskiy M., Krivtsov V. Reliability Engineering and Risk Analysis. – Boca Raton: CRC Press, 2016. – 536 p. [на англ. яз.].

7 Anders G. Reliability Evaluation of Power Systems. – New York: Springer, 2010. – 395 p. [на англ. яз.].

8 IEEE Power System Reliability Subcommittee. IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices. – New York: IEEE, 2012. – 30 p. [на англ. яз.].

9 Gross J., Yellen J. Graph Theory and Its Applications. – Boca Raton: CRC Press, 2005. – 779 p. [на англ. яз.].

10 Rausand M., Hoyland A. System Reliability Theory: Models, Statistical Methods and Applications. – New York: John Wiley & Sons, 2004. – 636 p. [на англ. яз.].

КЕРНЕУ САПАСЫНЫҢ ДЕҢГЕЙІН БҰЛЫҢҒЫР ЛОГИКА НЕГІЗІНДЕ БАҒАЛАУ

ЕРМҰХАМЕДҰЛЫ А.
магистрант, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті , Астана қ.
УАХИТОВА А. Б.
т.ғ.к., қауымд. профессор, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ.

Электр энергиясының сапасы қазіргі электрмен жабдықтау жүйелерінің сенімді жұмыс істеуінің маңызды факторларының бірі болып табылады. Кернеу сапасының бұзылуының ең кең таралған түрлерінің бірі - қысқа тұйықталулар, қуатты электрқозғалтқыштарды іске қосу және коммутациялық процестер кезінде пайда болатын кернеудің төмендеулері. Тіпті қысқа уақытқа созылатын кернеу төмендеулері де жабдықтардың жұмысында ақаулар туғызуы және технологиялық процестердің тоқтауына әкелуі мүмкін.

Кернеудің төмендеулерінің әсерін бағалау күрделене түседі, себебі олардың ықпалы бірнеше параметрдің жиынтығымен анықталады, ең алдымен төмендеудің тереңдігі мен оның ұзақтығына байланысты. Бұл жағдайда тек шекті мәндерге негізделген критерийлерді қолдану оқиғаның қауіптілік дәрежесін әрдайым объективті бағалауға мүмкіндік бермейді.

Осындай процестерді талдаудың перспективалы тәсілдерінің бірі — бұлыңғыр логика әдістерін қолдану. Бұл әдістер параметрлердегі анықталмағандықты ескеруге және сараптамалық ережелер негізінде жүйе күйінің интегралдық бағасын қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Бірқатар зерттеулерде кернеудің төмендеулерін бағалау электр энергиясы сапасын мониторингтеу нәтижесінде алынған статистикалық деректерді өңдеуге негізделген, [1] жұмысында тұтынушылардың электр жабдықтарын қорғау бойынша жобалық шешімдерді қалыптастыру мақсатында кернеудің төмендеулері мен қысқа мерзімді кернеу үзілістерін талдау әдістемесі ұсынылған.

Кернеудің төмендеулерін бағалаудың дәстүрлі әдістемесі қалдық кернеудің мәндері мен оқиғалардың ұзақтығын жылдық статистикалық мониторингтеу деректеріне негізделеді. Бұл әдіс қорғаныс шараларын таңдау үшін төмендеулерді критикалық және критикалық емес деп жіктейді, мысалы, үздіксіз қоректендіру

көздерін орнату сияқты шешімдерді қабылдауға мүмкіндік береді. Алайда бұл тәсілдің негізгі кемшіліктері - қатаң шекті мәндерді қолдану және төмендеу параметрлерінің өзара әсері мен белгісіздігін ескеретін интегралдық тәуекел бағасының болмауы.

Тағы бір тәсіл электр желілерінің жұмыс режимдерін электр энергиясы сапасын мониторингтеу деректерін пайдалана отырып модельдеуге негізделген. M. Torkzadeh еңбегінде фазорлық модельдер мен мониторинг жүйелерінің деректерін қолдану арқылы кернеудің төмендеулерін бағалау үшін электр желісі модельдерін валидациялау әдістемесі ұсынылған [2].

Әдістің мәні модельдеу нәтижелерін кернеу параметрлерінің нақты өлшенген мәндерімен салыстырудан тұрады. Бұл кернеудің төмендеулерінің пайда болу себептерін талдауға, желі конфигурациясының, энергия көздері параметрлерінің және қорғаныс құрылғылары жұмысының әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Мұндай тәсіл желінің дамуы немесе жаңа энергия көздерін енгізу кезінде кернеу сапасының өзгерістерін болжауға жағдай жасайды.

Алайда бұл әдісті қолдану үшін электр желісінің егжей-тегжейлі модельдері және өлшеу деректерінің үлкен көлемі қажет. Сонымен қатар, бұл тәсіл көбіне орын алған оқиғаларды талдауға бағытталған, сондықтан нақты бір кернеудің төмендеуінің тәуекелін жедел бағалау мүмкіндігін шектейді.

Осылайша, қолданыстағы әдістер кернеудің төмендеулерінің сипаттамаларын және олардың пайда болу шарттарын талдауға мүмкіндік бергенімен, тәуекел деңгейін икемді түрде интегралды бағалауды қамтамасыз етпейді. Бұл жағдай интеллектуалдық талдау әдістерін, атап айтқанда бұлыңғыр логика әдістерін қолдануға алғышарттар жасайды.

Кернеудің төмендеуін жіктеу

Кернеудің төмендеуі электр энергиясы сапасының кең таралған бұзылыстарының бірі болып табылады және кернеудің әсерлік мәнінің номинал деңгейден қысқа уақытқа төмендеуімен сипатталады. Мұндай құбылыстар электр жабдықтарының жұмысында ақаулардың пайда болуына және технологиялық процестердің бұзылуына әкелуі мүмкін.

Кернеудің төмендеуінің негізгі параметрлері — оның тереңдігі (қалдық кернеу) және ұзақтығы. EN 50160 және IEEE 1159 стандарттарының ұсынымдарына сәйкес, кернеудің төмендеу тереңдігі келесі түрде жіктеледі [3,4].

Кесте 1 – Кернеудің төмендеу тереңдігі бойынша жіктелуі (қалдық кернеу)

Класс	Остаточное напряжение U (p.u.)	Характеристика
Mild	$0.7 \leq U < 0.9$	Әсері шамалы
Medium	$0.4 \leq U < 0.7$	Жұмыста ақаулар болуы мүмкін
Deep	$U < 0.4$	Жабдықтың істен шығу қаупі жоғары

Кернеудің төмендеу тереңдігінен бөлек, оның ұзақтығы да маңызды параметр болып табылады. Әдетте кернеудің төмендеуі үш түрге бөлінеді: қысқа мерзімді (100 мс-тен аз), орташа (100–500 мс) және ұзақ (500 мс-тен көп). Төмендеу тереңдігі мен ұзақтығын бірлесіп талдау оқиғаның қауіптілік деңгейін бағалауға және компенсациялық шараларды қолдану қажеттілігін анықтауға мүмкіндік береді.

Алайда нақты пайдалану жағдайларында жүйе күйлерінің арасындағы шекаралар айқын болмайды. Сондықтан бекітілген шекті мәндерді қолдану әрдайым кернеудің төмендеуінің электр жабдықтарының жұмысына әсерін объективті бағалауға мүмкіндік бермейді. Осыған байланысты жүйе күйін интегралды бағалау үшін кернеудің төмендеу параметрлерінің бірлескен әсерін ескеруге мүмкіндік беретін бұлыңғыр логика әдістерін қолдану орынды болып табылады.

Кернеу сапасының деңгейін бұлыңғыр логика негізінде бағалау

Бұлыңғыр логика белгісіздік жағдайында кернеу сапасын бағалау және кернеудің төмендеуін компенсациялау қажеттілігін негіздеу үшін қолданылады [5,6].

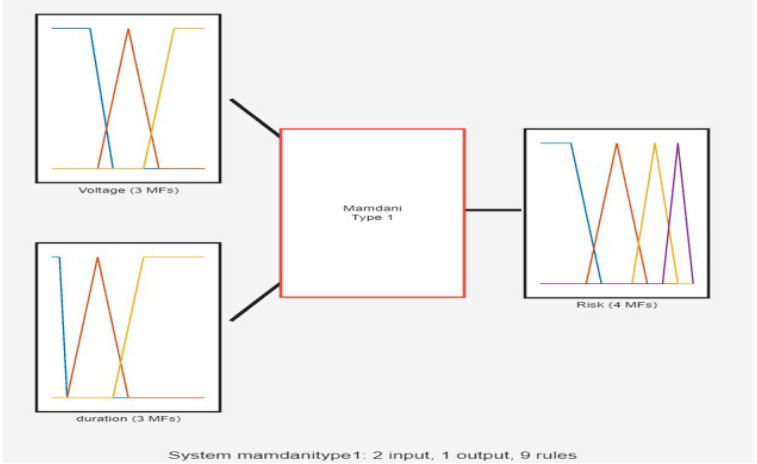
Осы жұмыста бұлыңғыр логика өнеркәсіптік электрмен жабдықтау жүйелерінде кернеу сапасын интегралды бағалау және кернеудің төмендеуін компенсациялау қажеттілігін негіздеу үшін математикалық модельдеу құралы ретінде қолданылады.

Зерттеу аясында кернеудің төмендеуі кезінде жабдықтың істен шығу тәуекелін бағалайтын бұлыңғыр модель әзірленді. Кіріс параметрлері ретінде мыналар таңдалды:

Uқалд- қалдық кернеу; T_T- кернеудің төмендеу ұзақтығы. Модельдің шығыс параметрі: Risk - кернеудің төмендеуінің қауіптілік дәрежесінің интегралды бағасы.

Модель Mamdani типі бойынша құрылған және кейіннен ауырлық центрі әдісі (centroid) арқылы дефаззификация жүргізіледі [7]. Модель құрылымы келесі элементтерден тұрады: кіріс айнымалыларын фаззификациялау; бұлыңғыр ережелер базасы; логикалық қорытынды механизмі; шығыс параметрін дефаззификациялау.

1-суретте Mamdani типіндегі кернеудің төмендеу тәуекелін бағалауға арналған бұлыңғыр жүйенің құрылымы көрсетілген.



Сурет 1 – Кернеудің төмендеу тәуекелін бағалауға арналған бұлыңғыр жүйенің құрылымы (Mamdani типі)

*U*қалд айнымалысы үшін үш лингвистикалық термин берілген: Low (төмен кернеу), Medium (орташа), High (жоғары). Ал T_T айнымалысы үшін келесі мәндер анықталған: Short (қысқа ұзақтық), Medium (орташа), Long (ұзақ).

Тиістілік функциялары үшбұрышты типте, аймақтардың бір-бірімен қабаттасуымен берілген. Бұл жүйе күйлері арасындағы бірқалыпты өтуді қамтамасыз етеді және параметрлердің аз ғана өзгерісі кезінде бағалаудың секірмелі өзгеруін болдырмайды.

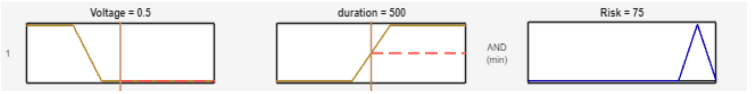
Бұлыңғыр жүйенің білімдер базасы кіріс параметрлерінің – кернеу деңгейі мен кернеудің төмендеу ұзақтығының барлық мүмкін болатын комбинацияларын қамтитын 9 ережеден тұрады. Ережелер «Егер – онда» түріндегі лингвистикалық өрнектер ретінде құрылады.

Мысалы: Егер кернеу орташа (U Medium) және ұзақтығы қысқа (T Short) болса, онда тәуекел деңгейі төмен (Risk Low).

Осыған ұқсас түрде кіріс айнымалыларының барлық комбинациялары үшін қалған ережелер де құрылады. Бұл кернеудің төмендеу тереңдігі мен ұзақтығының тәуекел деңгейіне бірлескен әсерін ескеруге мүмкіндік береді.

Осылайша, кернеудің төмендеуінің қолайсыз параметрлері бірге байқалған жағдайда тәуекелдің ең жоғары деңгейі қалыптасады. Ал кернеудің шамалы ауытқуы мен қысқа мерзімді әсерлері қауіп деңгейінің төмен бағалануына әкеледі. Тиістілік функцияларының қабаттасуы қорытынды бетінің үздіксіздігін қамтамасыз етіп, тәуекелдің кіріс параметрлеріне тәуелділігін бірқалыпты сипаттайды.

Risk шығыс айнымалысы төрт лингвистикалық деңгеймен сипатталады: Low, Medium, High және Critical. Дефаззификация процедурасынан кейін интегралды бағалаудың сандық мәні алынады. Бұл мән компенсациялық шараларды қолдану қажеттілігін негіздеу, қорғаныс құрылғыларының түрін таңдау немесе технологиялық процестің тұрақтылығын бағалау кезінде қолданылуы мүмкін (2-сурет).



Сурет 2 – MATLAB ортасында кернеу сапасының деңгейін бұлыңғыр логика негізінде бағалауды модельдеу нәтижелері

Әзірленген модель қатаң шекті критерийлерден жүйе күйлері арасындағы шекаралардың айқын еместігін ескеретін икемді талдау құралына көшу мүмкіндігін көрсетеді.

Бұлыңғыр логиканы қолдану пайдалану жағдайларындағы белгісіздікті ескеруге және өнеркәсіптік электрмен жабдықтау жүйелерінде кернеу сапасының деңгейін неғұрлым шынайы бағалауға мүмкіндік береді.

Қорытынды

Бұл жұмыста өнеркәсіптік электрмен жабдықтау жүйелерінде кернеудің төмендеуі кезінде кернеу сапасының деңгейін бағалау мәселесі қарастырылған. Дәстүрлі статистикалық және детерминделген әдістер нақты оқиғаның қауіптілік дәрежесін икемді түрде интегралды бағалауды қамтамасыз етпейтіні көрсетілген.

MATLAB ортасында жүзеге асырылған бұлыңғыр модель әзірленді. Бұл модельде кіріс параметрлері ретінде қалдық кернеу мен кернеудің төмендеу ұзақтығы пайдаланылады, ал шығыс айнымалысы ретінде тәуекелдің интегралды бағасы қабылданған. Құрылған тоғыз ережеден тұратын база кернеудің төмендеу параметрлерінің бірлескен әсерін ескеруге және қауіптілік деңгейін бірқалыпты бағалауға мүмкіндік береді.

Бұлыңғыр логиканы қолдану қатаң шекті критерийлерден анағұрлым икемді талдау құралына көшуге мүмкіндік береді. Бұл тәсіл компенсациялық шараларды қолдану қажеттілігін негіздеу және өнеркәсіптік нысандардың электрмен жабдықтау сенімділігін арттыру мақсатында пайдаланылуы мүмкін.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Солодовников В. Е., Тульский В. Н., Шамонов Р. Г. Методика обработки статистической информации о провалах и кратковременных прерываниях напряжения в электрических сетях // Электричество. – № 1. – 2019. – С. 4–16.

2 Torkzadeh R., van Waes J. B. M., Cuk V., Cobben J. F. G. Model validation for voltage dip assessment in future networks // Electric Power Systems Research. – 2023. – Vol. 217. – Article 109099.

3 International Electrotechnical Commission. EN 50160. Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems. – Brussels: IEC, 2010.

4 Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE 1159. Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. – New York: IEEE, 2009.

5 Zadeh L. A. Fuzzy Sets // Information and Control. – 1965. –Vol. 8. – P. 338–353.

6 Ross T. J. Fuzzy Logic with Engineering Applications. – 3rd ed. – Chichester: Wiley, 2010. – 585 p.

7 MathWorks. MATLAB Fuzzy Logic Toolbox User's Guide. – Natick, MA: The MathWorks, Inc., 2015.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ЭКИБАСТУЗСКОЙ ГРЭС-2

ИСАБЕКОВ Д. Д.
доктор PhD, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
НУРГАЗИНОВ А. С.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

На этапе развития энергетической отрасли СССР, когда объем потребляемой электроэнергии начал расти, 20 мая 1977 года ЦК Компартий Казахстана и Советом Министров КССР было принято постановление №266 «О реализаций постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР» от 24 марта 1977 года №243 «О созданий Экибастузского топливно-энергетического комплекса и строительстве линий электропередач постоянного тока напряжением 1500кВ Экибастуз–Центр» [1] и Постановления Совета Министров СССР от 24 марта 1977 года №244 «О мерах по дальнейшему развертыванию работ, связанных с созданием Экибастузского топливной – энергетического комплекса» [2]. В 1979 году были начаты строительные работы на площадке Экибастузском ГРЭС-2. 4 августа 1980 года на строительной площадке вблизи Шандыксор был уложен первый кубометр бетона в оснований будущей станций и забит первый колышек на месте, откуда возьмёт начало ЛЭП переменного тока напряжением 1150 кВ. На ГРЭС-2 также был начат монтаж самой высокой в мире дымовой трубы высотой 420 метров. Это инженерное сооружение занесено в Книгу Рекордов Гиннеса. На основании приказа №143 ПС от 27.06.84 «Об утверждений проекта на строительство Экибастузском ГРЭС-2», был утвержден проект, разработанный Новосибирским отделением института «Атомтеплоэлектро проект» со следующими основными технико-экономическими показаниями: мощность: электрическая 4000 МВт, тепловая 655 Гкал/ час. Состав основного оборудования: энергетические котлы типа П–57Р производительностью 1650 т/ч 8 штук, турбины типа К-500-240-4 8 штук, генераторы типа ТВВ -500 2ЕУ3 8штук. Годовой отпуск энергий: электрической 24775 МВт.ч, тепловой 0.41 млн. Гкал. Вид топлива – Экибастузский уголь зольностью до 55%. 25 декабря 1990 года был введен в эксплуатацию первый энергоблок на ГРЭС-2. Второй энергоблок был смонтирован и пущен в строи 31 декабря 1993 года. Проектом было предусмотрено строительство 8 энергоблоков, однако дальнейшие строительство было приостановлено. В то же время на

АО «СГРЭС-2» был создан значительный задел для строительства последующих энергоблоков. В целях реализаций республиканской программы развития энергетической отросли до 2015 года ТОО «КазНИПИЭнергопром» по заданию АО «СГРЭС 2» выполнено техническое обоснование строительства третьего и четвертого энергоблоков. При этом для передачи выработанной электроэнергии было смонтировано ОРУ-500кВ.

Выключатели генераторов электрической станции. На каждом энергоблоке станции установлены турбогенераторы типа ТВВ 500-2ЕУ3. Основными характеристиками которых является: полная мощность–588000 кВА; активная мощность–500000 кВт.; номинальное напряжение–20 кВ.; ток статора–17 кА.; ток ротора (расчетный)–3800 А.; напряжение ротора (расчетное), при 75°С–490В; коэффициент мощности cosφ – 0,85; коэффициент полезного действия–98,75; статическая перегружаемость –1.6; соединение фаз обмотки статора–двойная звезда; число выводов обмотки статора–9; частота –50 Гц.; Частота вращения–3000 об/мин.; динамический момент инерции ротора–9; критические частоты вращения I/II–870/2240 об/мин.

Вырабатываемая электроэнергия с турбогенератора поступает на трансформатор, типа ТЦ – 630000/500, у которого система охлаждения: циркуляционная масляно-водяная с направленным движением масла. Температура охлаждающей воды (у входа в маслоохладитель), °С, не более 33. Номинальный расход масла при трех работающих электронасосах, м³/ч. 30.

Типы выключателей генератора, имеющиеся на данный момент времени.

1 Элегазовые (SF_6) генераторные выключатели. Это один из самых распространённых типов для крупных энергоблоков высокого класса мощности (обычно выше ~30–50 МВА). Используют газ сурьмý и гексафторидом серы (SF_6) как дугогасительную среду [3]. Обеспечивают высокую коммутационную способность и надёжность при больших токах короткого замыкания. Часто интегрируются в компоновки газоизолированного распределительного устройства, что снижает занимаемую площадь. Такие выключатели помимо всего применяются на больших тепловых, гидро и комбинированных электростанциях по всему миру.

2 Генераторные вакуумные выключатели. Появляются всё чаще, особенно на средних и современных электростанциях [4]. Вакуумная дугогасительная камера гасит дугу в вакууме, что

даёт компактность и высокую надёжность. Часто используются в диапазоне напряжений 6–24 кВ и токов, характерных для среднего класса генераторов. Преимущества таких выключателей: высокая механическая износостойкость, экологичность, низкая потребность в техобслуживании. Применяются, как самостоятельный выключатель или в составе распределительного устройства.

3 Воздушные выключатели и масляные выключатели. На старых электрических станциях, в основном построенных в XX веке – ещё встречаются [5]. Масляные выключатели применялись на многих советских и ранних зарубежных энергоблоках. Они гасили дугу в масляной среде, но уступают по быстродействию и экологичности более современным типам. Воздушные выключатели использовались для коммутации нагрузок под большими токами, но требуют большого объёма установки и высоких затрат на техобслуживание.

4 Специальные и гибридные конструкции. В некоторых случаях на современных электростанциях применяются комбинированные или гибридные выключатели, совмещающие в себе: дугогасительные камеры разных типов; разъединители и заземляющие переключатели; защитные и измерительные элементы [6].

Проведём сравнение выключателей генераторов разных типов с ЭГРУ и сделаем вывод почему на Экибастузской ГРЭС–2 было принято решение о замене воздушного выключателя на элегазовый.

Таблица 1 – Сравнение разных типов генераторных выключателей

Параметр	Элегазовый выключатель	Вакуумный выключатель	Воздушный выключатель	Маслены й выключатель
Дугогасящая среда	Элегаз	Вакуум	Сжатый воздух	Трансформаторное масло
Номинальное напряжение	До 24 – 27 кВ	До 15 – 24 кВ	До 20 – 35 кВ	До 35 кВ
Отключающая способность	Очень высокая	Высокая	Высокая	Средняя
Скорость отключения	Высокая	Очень высокая	Высокая	Средняя
Габариты	Компактные	Очень компактные	Большие	Большие
Надежность	Очень высокая	Высокая	Средняя	Средняя
Обслуживание	Небольшая, контроль газа	Минимальное	Требует обслуживание компрессоров	Частая замена масла
Пожароопасность	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Высокая
Экологичность	Средняя (элегаз)	Высокая	Высокая	Средняя
Современное применение	Широко применяется на мощных генераторах	Применяются на средних мощностях	Почти не применяется	Почти не применяются

Обслуживании генераторов на электростанции ГРЭС–2. При обслуживании руководствуются следующими документами:

1 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей.

2 Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

3 Правила устройства электроустановок [7].

Генератор должен быть надежно заземлен. Точки подключений заземлений указаны в габаритном чертеже генератора. Все работы по внутреннему осмотру и ремонту генератора производятся при не вращающемся и отключенном от сети генераторе, при отсутствии в нем водорода и углекислого газа. Запрещено во время эксплуатации генератора снимать ограждения, закрывающие его вращающие части. При работе с легковоспламеняющимися жидкостями (бензин, спирт и др.) запрещено пользоваться открытым огнем, а также курение. Во время работы с токсичными веществами на генераторе должны быть обеспечена хорошая вентиляция генератора, открыты люки внизу корпуса статора, дренажные вентили.

Для пожарной безопасности генератора предусмотрена аварийная подача азота для вытеснения водорода из корпуса статора и уплотнений вала. При работе генератора с водородным охлаждением в какой-то степени может происходить утечка водорода в атмосферу. При этом образовавшеяся газовая смесь может загораться, а при содержании в ней четырех или более процентов водород взрывается.

С целью исключения возможности пожаров и взрывов при подготовке к работе и в эксплуатации, принимаются меры предосторожности; вблизи генератора не должна быть невентилируемых объемов, куда может проникнуть водород. Верх машзала должен иметь непосредственную связь с атмосферой. При осуществлении вентиляции этих объемов следует исключить возможность попадания водорода на узлы агрегата, работающие с искрением или имеющие высокую температуру. При этом смотровые стекла сливных патрубков подшипников и уплотнений освещаются ламповыми устройствами взрывозащищенного исполнения.

При переводе генератора с водорода на воздух, давление водорода необходимо снизить с номинального до значения 14,7-19,6 кПа (0,15-0,20кгс/см²) избыточного, а затем водород должен быть вытеснен азотом с соблюдением пп. 185, 186 «Правил техники

безопасности при эксплуатации электроустановок» № 253, от 31.03.2015г.

Вытеснение углекислого газа из генератора производится воздухом при избыточном давлении, со значением 14,7-19, 6кПа (0,15-0,20кгс/см²), предварительно убедившись с помощью химического анализа и вытеснении водорода из корпуса генератора. При переводе генератора с водорода на воздух и наоборот, а также нахождении корпуса генератора под избыточным давлением газа, в том числе и воздуха, производить какие-либо работы и особенно, связанные со сваркой и газопламенной обработкой, на генераторе, вблизи него и на трубопроводах, соединенных с ним, категорически запрещено. Допуск обслуживающего персонала в корпус генератора производится после того, как из него полностью вытеснен азот и произведен химический анализ воздуха.

Выводы. На современных электростанциях чаще всего используются элегазовые генераторные выключатели, вакуумные же используются на генераторах меньших мощностей, воздушные и масляные, считаются морально и физически устаревшими. При использовании элегазовых и вакуумных выключателей соответсвенно уменьшаются затраты, такие как изначальные капитальные затраты и ежегодные эксплуатационные расходы, идущие не только на сам генератор, но и на токопровод с ним соединённый, с любым классом их номинального напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ташева А. Краткая история Экибастузского каменноугольного месторождения. Пресс-служба ТОО «Богатырь Комир». https://e-history.kz/media/upload/1486/2015/01/26/2177bc1a1622cbf0d542d504d95cf965.pdf?ysclid=mmyeb30v2698481460

2 О истории создания экибастзуской ГРЭС-2. https://kzmap.ru/point/ekibastuz/lore/248

3 Элегазовый выключатель 500 кВ — защита и надёжность для магистральных сетей.https://kes.kz/katalog/vysokovoltnoe-oborudovanie/vysokovoltnye-vyklyuchateli/elegazovyy-vyklyuchatel-500-kv?ysclid=mmyefn6i7e555906326

4 Генераторные вакуумные выключатели. https://mwt.kz/

5 Высоковольтные выключатели. https://eti.su/articles/visokovoltnaya-tehnika/visokovoltnaya-tehnika_488.html?ysclid=mmyei0wpgj149756963

6 Гибридный автоматический выключатель. https://www.ywctelectric.com/blog/how-does-a-hybrid-circuit-breaker-work-358573.html

7 Приказ Министра энергетики Республики Казахстан. Правила устройства электроустановок Республики Казахстан: утв. 20 марта 2015 года, №230 // adilet.zan.kz. https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010851

ИССЛЕДОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА НА БАЗЕ ANSYS CFD

КАЙДАР А. Б.
м.т.н., старший преподаватель, Евразийский национальный университет имени Л. Гумилева, г. Астана
ЖЕТІБАЙ Ж. Е.
студент, Назарбаев университет, г. Астана

Основной проблемой ветрогенераторов является то, что они работают в узком диапазоне скоростных характеристик ветрового потока, а именно, с 4-6 м/с до 11-14 м/с. При скорости ветра ниже 3 м/с у ветрогенератора или не вращаются колеса, или, если вращаются, то ветрогенератор не может развить паспортную мощность.

При скоростях ветра свыше 14 м/с необходимо ограничивать во избежание повреждений скорость вращения лопастей ветрогенератора балластными сопротивлениями или механическими способами вроде изменения угла атаки лопасти или жесткой фиксации лопасти и т.п.

Анализ технической литературы и патентная проработка показала, что в направлении совершенствования ветроколес имеется масса наработок, но большинство из них решая конкретную задачу, тем не менее, обладают рядом характеристик, не позволяющих эффективно применять их для климатических условий Павлодара с ветрами, изменяющимися от штилевого до штормового.

Автором получены патенты на изобретения ветрогенераторов инновационного типа [1-4].

Для проверки эффективности способа генерации электроэнергии были проведены экспериментальные исследования и компьютерная симуляция на базе платформы ANSYS CFD с лицензионным номером 666535 на компьютере HP Z2 Tower G4 Workstation с

процессором Intel(R) Core(TM) i9-9900 CPU 3.10 GHz с оперативной памятью RAM 48 GB 2400 MT/s, графической картой 8 GB NVIDIA GeForce RTX 2080 SUPER, с накопителем 1,84 TB, с операционной системой Windows 11 64 бит.

Симуляция ANSYS CFD показывает скорость потока воздуха в разных точках пространства по мере его прохождения сквозь ветрогенератор. Результаты симуляции показаны на плоскости, проходящей по центру ветрогенератора на рисунках 1-4.

Экспериментальные исследования и моделирование полностью подтвердили эффективность способа генерации электроэнергии новыми типами ветрогенераторов.

Применение программного обеспечения ANSYS CFD позволило создание реалистичной симуляции движения воздушного потока сквозь ветрогенератор. В реальной среде поток воздуха двигается неидеально, создавая разницу давлений на поверхности лопастей и турбулентные зоны. ANSYS CFD воспроизводит данные явления с достаточной точностью, решая встроенные в него математические модели. Применение программного обеспечения ANSYS CFD для симуляции ветрогенераторов позволяет проводить комплексный аэродинамический и прочностной анализ таких установок.

Преимущества симуляции в ANSYS:

– оптимизация КПД (Cp) - расчеты позволяют сравнить производительность одноступенчатых систем при разных скоростях ветра, находя оптимальные углы атаки и профили лопастей;

– анализ следа (Wake characteristic) - визуализация и расчет вихревых структур за ротором;

– экономия ресурсов - программный комплекс позволяет сократить количество натурных испытаний и оптимизировать конструкцию на этапе цифрового двойника.

Симуляция выявила, что вихревые следы понижали скорость потока.

Были заданы начальные граничные условия:

– скорость воздушного потока - 5, 10, 15, 20 м/с;

– inlet (вход) – плоскость, начиная с которой воздушный поток входит в туннель с заданной начальной скоростью;

– pressure outlet (выход) – плоскость, после прохождения которой движение воздушного потока перестает рассматриваться.

– wall – твердые поверхности, сквозь которые движение воздушного потока невозможно: это ветрогенератор и туннель, в котором он находится.

– диаметр ветроколеса - 180 мм;

– угол атаки 5°.

В результате приведенных симуляций наблюдались вихревые следы, вызывающие локальное понижение скорости воздушного потока. Как видно из рис. 1, скорость понижалась до 2-4 м/с за лопастями и за ступицей v=1-1,5 м/с в зоне завихрения с координатами по оси абсцисс 0-100 мм при входящем потоке 5 м/с.

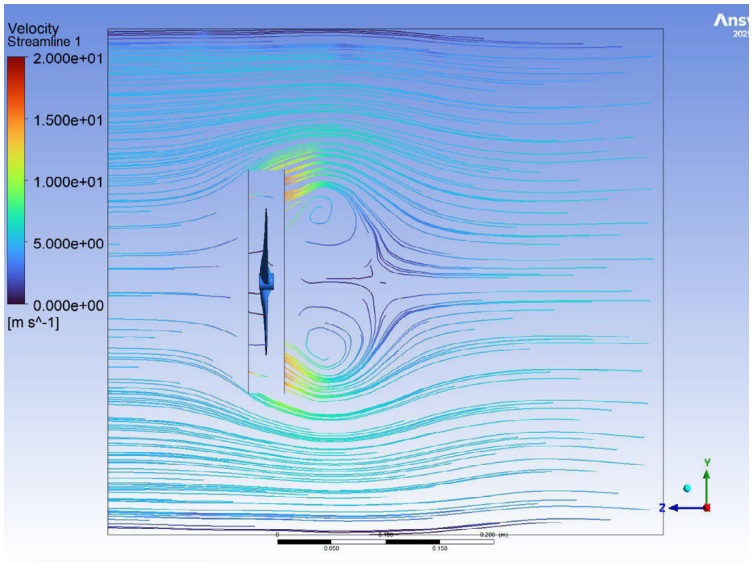


Рисунок 1 – Симуляция однороторного двухлопастного ветрогенератора при 5 м/с

По оси ординат приведена скорость ветрового потока velocity.

2.000 e+1 — это научный формат записи числа (2.000x101), что равно 20 м/с.

5.000 e+00 — это научный формат записи числа (5.000x100), что равно 5 м/с.

Физический размер модели по оси абсцисс: градация изображения ветрового потока дана в м (каждое деление 50 мм или 0,05 м). Весь отрезок равен 200 мм или 0,2 м.

Таблица 1 – Численные значения характеристик, полученных при симуляции (5 м/с)

Местоположение	Средняя скорость ветра, м/с
Вход	5
Перед ветроколесом	4,5
После ветроколеса	2-11

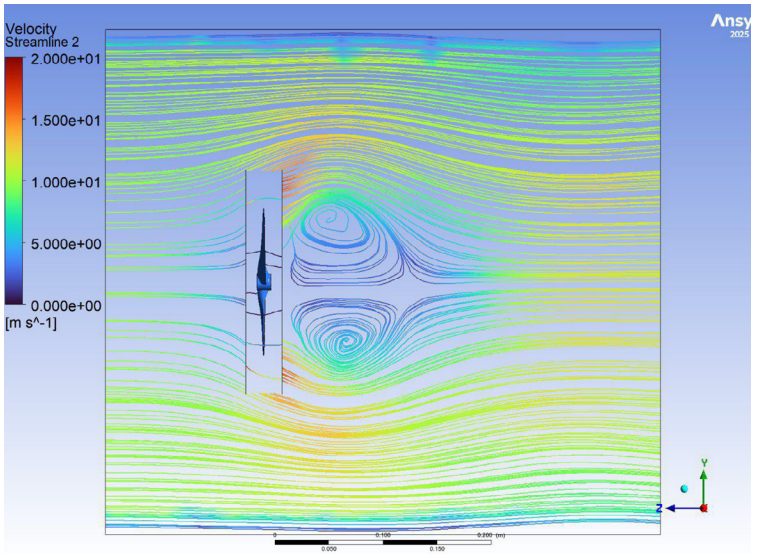


Рисунок 2 - Симуляция однороторного двухлопастного ветрогенератора при 10 м/с

На рисунке 2 начальная скорость ветрового потока 10 м/с, отмечено некоторое снижение ветрового потока перед ветроколесом за счет парусности лопастей и ступицы. Длина следа турбулентности увеличилась по сравнению с рисунком 1 до 120 мм, зона закручивания от 0 до 120 мм. Поток переходит в ламинарный режим после 200 мм.

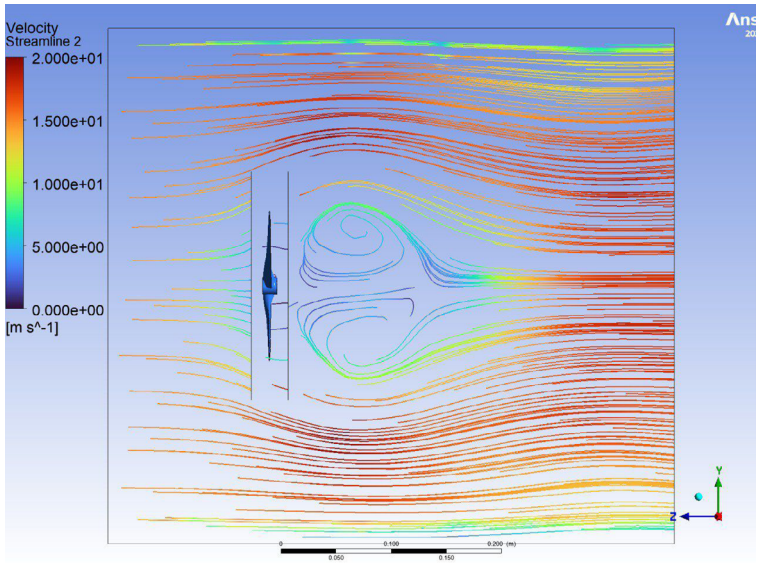


Рисунок 3 - Симуляция одноротторного двухлопастного ветрогенератора при 15 м/с

Скорость входящего потока 15 м/с, вращение ветроколеса - по часовой стрелке.

На рисунке 3 начальная скорость ветрового потока 15 м/с, отмечено некоторое снижение ветрового потока перед ветроколесом за счет парусности лопастей и ступицы. Длина следа турбулентности увеличилась по сравнению с рисунком 2 до 150 мм, зона закручивания от 0 до 130 мм. Поток переходит в ламинарный режим после 250 мм.

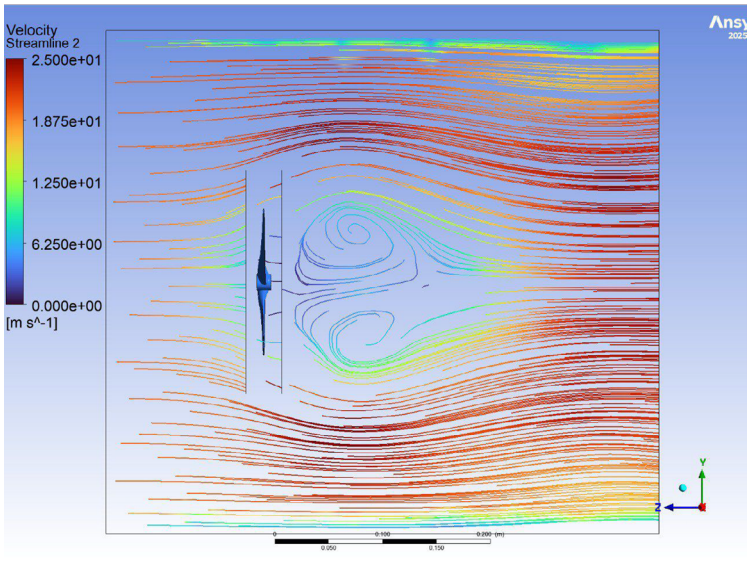


Рисунок 4 - Симуляция одноротторного двухлопастного ветрогенератора при 20 м/с

На рисунке 4 начальная скорость ветрового потока 20 м/с, отмечено некоторое снижение ветрового потока перед ветроколесом за счет парусности лопастей и ступицы. Длина следа турбулентности увеличилась по сравнению с рисунком 3 до 200 мм, зона закручивания от 0 до 145 мм. Поток переходит в ламинарный режим после 300 мм.

Выводы

Полученные результаты позволяют заключить, что программа наглядно интерпретирует физические процессы изменения ветровых потоков, происходящих при работе ветрогенераторов. Зрительная интерпретация существенно облегчает понимание физических процессов и процесс проектирования ветрогенераторов. Симуляции показывают снижение скорости ветрового потока перед ступицей и лопастями, закручивание ветрового потока после ветроколеса, направление вращения ветроколеса и вращение ветрового потока после ветроколеса противоположны, зоны вращения - от 120 до 200 мм (то есть от 0,66D до 1,11D при диаметре ветроколеса 180 мм и скорости набегающего ветрового потока от 5 до 20 м/с).

ЛИТЕРАТУРА

1 Дробинский А. В., Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б. Ветроколесо. Патент на изобретение Республики Казахстан № 26105, 14.09. 2012, бюл. № 9.

2 Исенов С. С., Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Нурмаганбетова Г. С. Ветрогенератор с измененяемым моментом вращения ветроколеса. Патент на изобретение Евразийского патентного ведомства № 202391983 от 20.06.2024, бюл. №4.

3 Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б. Ветрогенератор со встречновращающимися ветроколесами. Патент на изобретение Республики Казахстан № 31254, 15.06.2016,

бюл. № 6.

4 Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., и др. Система автономного электроснабжения с управляемым моментом трогания ветроколеса. Патент на изобретение Республики Казахстан № 36163, 07.04.2023, бюл. № 14.

ТӨМЕН СОРТТЫ ОТЫН ҚОСПАЛАРЫН ЖАҒУ КЕЗІНДЕ ҚАТТЫ ҚАЛДЫҚТАРДЫҢ ЖАНУ ҮДЕРІСТЕРІН ТАЛДАУ

КАРМАНОВ А. Е.
доктор PhD, профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
БАЯНОВА А. К.
магистр, оқытушы-ассистент, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
САРМУРЗИН Н. К.
магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Бұл жұмыста төмен сортты отын қоспаларын жағу кезінде түзілетін қатты қалдықтардың жану процестері зерттеледі. Төмен сапалы отындарға күлділігі жоғары көмір, көмір байыту қалдықтары және органикалық өндірістік қалдықтар жатады. Мұндай отындарды жағу кезінде жану тұрақтылығы, жылу бөліну қарқындылығы және күл-қож түзілу процестері маңызды рөл атқарады.

Зерттеу барысында төмен сортты отын бөлшектерінің қыздырылуы, ұшпа заттардың бөлінуі, көміртектің жануы және күлдің түзілу механизмдері талданды.Сонымен қатар жану камерасында қатты бөлшектердің қозғалысы және минералдық компоненттердің балқуы қарастырылды. Алынған нәтижелер төмен сортты отынды тиімді жағу үшін қажетті негізгі факторларды анықтауға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта жылу энергетикасында төмен сортты отындарды пайдалану өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Көптеген энергетикалық кәсіпорындарда отын ретінде күл мөлшері жоғары көмір немесе көмір байыту қалдықтары қолданылады. Мұндай отындар төмен жану жылуымен, жоғары ылғалдылықпен және минералдық компоненттердің көп мөлшерімен сипатталады.

Төмен сортты отындарды жағу кезінде негізгі мәселелер:

– жану температурасының төмендеуі;

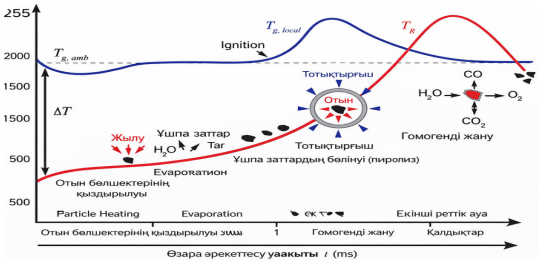
– қатты қалдықтардың көп мөлшерде түзілуі;

– қазандық беттерінің қождануы;

– атмосфераға шығатын зиянды заттардың артуы.

Сондықтан төмен сортты отын қоспаларының жану процесін зерттеу энергетикалық қондырғылардың тиімділігін арттыру үшін маңызды.

Жану кезінде бөлшектердің температурасы біртіндеп өсіп, ұшпа заттар бөлініп шығады. Кейіннен көміртек қалдығы оттегімен әрекеттесіп, негізгі жылу бөлінеді.



Сурет 1 – Отын бөлшектерінің жану кезеңдері

Төмен сортты қатты отынның жану процесі бірнеше кезеңнен тұрады:

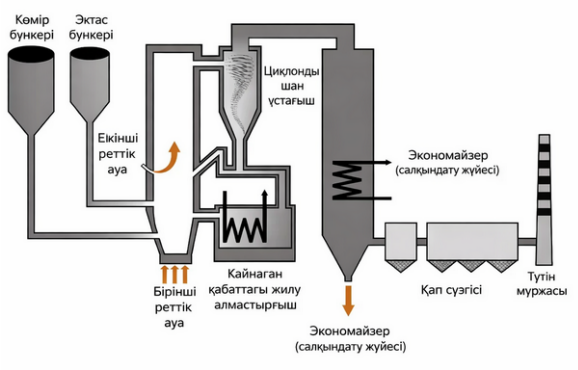
1) отын бөлшектерінің қыздырылуы;

2) ылғалдың буланuы;

3) ұшпа заттардың бөлінуі (пиролиз);

4) көміртек қалдығының жануы;

5) күл мен қождың түзілуі.



Сурет 2 – Қазандықтағы жану процесі

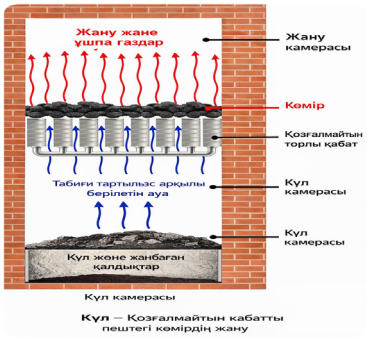
Жану камерасында төмен сортты отын ұнтақ күйінде ауа ағынымен бірге беріледі. Бұл жағдайда келесі процестер жүреді:

– отынның ауа-отын қоспасымен араласуы ; жоғары температуралы жану ;

– газ тәрізді өнімдердің түзілуі;

– қатты бөлшектердің бөлінуі.

Ұсақталған көмірдің беткі ауданы үлкен болғандықтан жану процесі жылдамырақ жүреді.



Сурет 3 – Күл – қозғалмайтын қабатты пештегі көмірдің жануы

Төмен сортты отын жанғанда минералдық компоненттердің көп мөлшері нәтижесінде күл және қож түзіледі.

Жоғары температура кезінде минералдық компоненттер балқып, агломерация процесі жүреді. Нәтижесінде қож түзіліп, қазандықтың ішкі беттеріне жабысып қалуы мүмкін. Көмір

үйінділері (көмір қалдықтары) жоғары күлділікпен және төмен жану жылуы мен сипатталады. Күлділігі 75 % болған жағдайда отынның жанатын бөлігіне бәрі 25 % құрайды. Бұл жану процесінің параметрлеріне айтарлықтай әсер етеді.

1. Шартты түрде отынның элементтік құрамы келесідей қабылданады:

Кесте 1 – Зерттелетін көмір үйіндісінің құрамы

Компонент	Мөлшері
C	18 %
H	2 %
O	3 %
S	0.5 %
N	1.5 %
Күл	75 %

2. Жану реакциялары

Жану процесінде келесі негізгі реакциялар жүреді:

$C + O_2 \rightarrow CO_2$

$H_2 + ½O_2 \rightarrow H_2O$

$S + O_2 \rightarrow SO_2$

3. Оттегінің қажетті мөлшерін есептеу

Көміртек үшін

1 кг көміртек жану үшін 2.67 кг O_2 қажет.

$$O_{2C} = 0.18 \times 2.67$$

$$O_{2C} = 0.48 \text{ кг}$$

Сутек үшін

1 кг сутек жану үшін 8 кг O_2 қажет.

$$O_{2H} = 0.02 \times 8$$

$$O_{2H} = 0.16 \text{ кг}$$

Күкірт үшін

$$O_{2S} = 0.005 \times 1$$

$$O_{2S} = 0.005 \text{ кг}$$

Отындағы оттегіні ескеру
Отын құрамындағы оттегі қажетті оттегінің мөлшерін азайтады:

$$O_{fuel} = \frac{0.03}{2}$$

$$O_{fuel} = 0.015 \text{ кг}$$

4. Жалпы оттегі мөлшері

$$O_2 = 0.48 + 0.16 + 0.005 - 0.015$$

$$O_2 = 0.63 \text{ кг}$$

5. Теориялық ауа мөлшері
Ауа құрамында шамамен 23 % оттегі болады.

$$L_0 = \frac{0.63}{0.23}$$

$$L_0 = 2.74 \text{ кг ауа}$$

6. Нақты ауа мөлшері
Төмен сортты отын үшін артық ауа коэффициенті:

$$\alpha = 1.5$$
$$L = 1.5 \times 2.74$$
$$L = 4.11 \text{ кг}$$

Қорытынды
1 кг күлділігі 75 % көмір үйіндісін толық жағу үшін :
Теориялық ауа мөлшері

$$L_0 = \frac{2.7 \text{ кг}}{\text{кг}}$$

Нақты ауа мөлшері

$$L = 4.1 \text{ кг/кг}$$

Эксперименттік зерттеу нәтижелері

Зерттеу барысында төмен сортты отын қоспаларының жану ерекшеліктері анықталды.

Алынған нәтижелер көрсеткендей:

– жану температурасы 900–1200 °C аралығында болады ;

– жануға қажетті ауа мөлшері анықталды ;

– күл мөлшері 30–75 % дейін жетеді ;

– күл бөлшектерінің бір бөлігі газ ағыны мен бірге ұшып шығады.

Бұл құбылыстар жану процесінің тиімділігіне және қазандықтың жұмыс режиміне айтарлықтай әсер етеді.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде төмен сортты отын қоспаларын жағу кезінде қатты қалдықтардың түзілу механизмдері анықталды.

Күл мөлшерінің жоғары болуы отынның жану жылуын төмендетеді және жану процесінің тиімділігін азайтады. Сонымен қатар күл мен қождың көп түзілуі қазандық жабдықтарының жұмысын қиындатады. Сондықтан мұндай отынды жағу үшін қайнаған қабатты қазандықтар немесе арнайы жану технологиялары тиімді болып табылады.

Негізгі қорытындылар:

– төмен сортты отындардың жану процесі бірнеше күрделі кезеңдерден тұрады;

– минералдық компоненттердің көп болуы күл мен қождың түзілуін арттырады;

– жану температурасы мен ауа мөлшерін дұрыс таңдау қазандықтың тиімді жұмысын қамтамасыз етеді.

Бұл нәтижелер төмен сортты отындарды энергетикалық қондырғыларда тиімді пайдалану үшін маңызды.

Зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылады (грант № AP26196911).

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Буланов Н.В. Теплотехника: курс лекций, учебное пособие/ Н.В Буланов. – Екатеринбург : 2021 – 161 с.

2 Бакытжанов И.Б. Жылу электр станциялары: Оқулық. – Алматы, 2022 – 89 с.

3 Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. - М.: МЭИ, 7-е изд., 2001. - 472с.

4 Рабинович О.М. Энергосберегающие системы теплоснабжения зданий. СПб, 2003.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ЗОЛОВОГО ИЗНОСА КОНВЕКТИВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА КОТЛА ПК-39-2 ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ АО ЕЭК

КИНЖИБЕКОВА А. К.
к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
ОРИШЕВСКАЯ Е. В.
ст.преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар
КОПЫЛОВ Е. Н.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

В статье рассматривается актуальная проблема обеспечения надежности котельного оборудования Аксуской ЭС, работающего на высокозольном экибастузском угле. Основное внимание уделено анализу причин интенсивного абразивного износа труб конвективного пароперегревателя и водяного экономайзера котла ПК-39-2. В работе предложен комплекс технических решений,

включая установку газонаправляющих щитов и защитных накладок, направленных на выравнивание полей скоростей и продление межремонтного ресурса поверхностей нагрева так же нанесение износостойких сплавов на фронтальные поверхности труб. Практическая значимость работы заключается в возможности снижения аварийности и эксплуатационных затрат предприятия.

Проблема интенсивного абразивного износа конвективных поверхностей нагрева котлоагрегата ПК-39-2 существует на станции давно. Учитывая специфику используемого топлива (экибастузский каменный уголь с зольностью ≈ 40-50%), вопрос продления ресурса экономайзеров и пароперегревателей является критическим для обеспечения надежности работы Аксуской ЭС.

Основной причиной преждевременного выхода из строя конвективных поверхностей нагрева котла ПК-39-2 является высокотемпературная золовая эрозия. Экибастузский уголь характеризуется аномально высокой абразивностью золы из-за высокого содержания диоксида кремния (SiO2) (до 50 % от общей массы).

Котлоагрегат ПК-39-2 характеризуется высокой тепловой мощностью, однако работа на высокозольном топливе приводит к преждевременному выходу из строя труб конвективной шахты. Известно, что золовой износ — это основной фактор, лимитирующий межремонтный период. Скорость эрозии пропорциональна кубу скорости газов, что делает контроль аэродинамики приоритетной задачей. [1, с.42]

На Аксуской ЭС котлоагрегат ПК-39-2 сталкивается с тремя типами эрозионных зон:

– Пристенные байпасы: скорость газов в зазорах между стеной и пакетом труб на 30–40 % выше средней, что ведет к «ножевому» износу крайних труб.

– Зоны поворота: на входе в конвективную шахту центробежная сила прижимает частицы золы к задней стенке, создавая поток высокой плотности.

– Коридорный износ: при нарушении дистанции между трубами образуются каналы с пониженным сопротивлением, куда устремляется основной объем золы.

На котлах ПК-39-2 наиболее подвержены износу:

– входные пакеты водяного экономайзера,

– гибы труб в зонах пристенных байпасов,

– участки с локальным повышением скорости дымовых газов из-за неравномерного заполнения сечения конвективной шахты [2, с.115].

Для снижения интенсивности износа предлагается внедрение следующих технических решений (Таблица 1):

Таблица 1 – Технические решения по снижению золового износа конвективных поверхностей

№	Мероприятие	Принцип действия	Ожидаемый эффект
1	Установка защитных манжет	Механическая защита наиболее нагруженных участков (гибов).	Увеличение срока службы труб в 1,5–2 раза.
2	Монтаж перегородок-выравнивателей	Устранение «коридорного» эффекта и пристенных перетоков газов.	Снижение локальных скоростей газов на 15–20 %.
3	Применение наплавки	Нанесение износостойких сплавов на фронтальные поверхности труб.	Повышение твердости поверхности.

Обоснование эффективности предлагаемых мер:

1. Защитные манжеты и накладки:

Защитные манжеты и накладки представляют собой металлические детали дугообразного или полуцилиндрического профиля, которые устанавливаются поверх труб в зонах наибольшего износа. Они принимают на себя кинетическую энергию ударов частиц золы, предотвращая истончение стенки самой трубы. На котлах ПК-39-2 манжеты устанавливаются прежде всего на:

– Входные участки змеевиков конвективного пароперегревателя и экономайзера, где поток газов наиболее турбулентен.

– Гибы труб, которые подвергаются центробежному воздействию частиц.

– Трубы, расположенные вблизи газовых коридоров (зон с повышенной локальной скоростью газов). [3, с.12]

Способ применения: обычно используется жаропрочная или износостойкая сталь (например, 12Х1МФ или специальные сплавы), привариваемая к трубе точечным швом или используют специальные хомуты. Важно обеспечить плотное прилегание, чтобы исключить скопление золы в зазоре (подшламовую коррозию).

В виду того, что манжеты являются «расходным материалом», который заменить гораздо дешевле и быстрее, чем вырезать и вваривать новый участок трубы, данное мероприятие позволяет увеличить срок службы самого трубного пакета с 2-3 лет до 6-8 лет.

2. Газонаправляющие щиты:

Газонаправляющие щиты (или дефлекторы) устанавливаются в зонах поворотных камер или перед входными пакетами конвективных пароперегревателей. Их задача — принудительно перераспределить поток дымовых газов так, чтобы:

– устранить зоны «теснин» (где газ разгоняется до критических скоростей);

– выровнять концентрацию золы по сечению газохода;

– снизить угол атаки частиц золы на крайние ряды труб.

В конвективной шахте котла из-за конструктивных особенностей (повороты газохода, наличие камер) возникают зоны с «газовыми коридорами» – участками, где скорость потока значительно превышает среднюю. Газонаправляющие щиты перераспределяют поток, делая его более гомогенным (равномерным) по всему сечению. Чаще всего щиты устанавливаются в поворотной камере (над конвективной шахтой) или непосредственно перед пакетами ширмового пароперегревателя и экономайзера. Это плоские или изогнутые пластины из жаропрочной стали, установленные под определенным углом к потоку. Они «срезают» пиковые скорости и направляют часть газа из перегруженных зон в зоны «застоя». Для котлов типа ПК-39-2 необходимо использовать щиты повышенной износостойкостью, жаропрочные стали (как например, 12Х1МФ) или углеродистая сталь с наплавкой износостойкими сплавами [4, с. 448].

Учитывая то, что абразивный износ находится в кубической зависимости от скорости потока, выравнивание аэродинамики за счет устранения байпасов дает кратный экономический эффект. Установка щитов позволяет устранить байпасные потоки. Если за счет выравнивания аэродинамики нам удастся снизить локальную скорость с 12 м/с до 10 м/с (на 17 %), то интенсивность износа снизится на величину: (10/12)3,3 = 0,54. Таким образом, есть износ сократится почти в два раза.

3. Наплавка твердыми сплавами:

Наплавка твердыми сплавами – это создание «брони» на поверхности трубы. Для котлов ПК-39-2, работающих на высокоабразивном экибастузском угле, это одно из самых надежных решений для защиты зон, где аэродинамику выровнять невозможно.

На наиболее изнашиваемые участки (обычно это «лобовые» дуги труб первого ряда и колена) наносится слой металла (как пример, электроды типа Т-590, Т-620), который по твердости значительно превосходит основной материал трубы (сталь 20

или 12Х1МФ). Это создает гетерогенную структуру, способную сопротивляться износу, вызываемую частицами золы. Наплавка повышает твердость поверхности металла до уровня, сопоставимого с твердостью частиц кварца, что замедляет процесс износа стенки трубы. [5, с.78]

Применение наплавки на входных рядах водяного экономайзера и ширмового пароперегревателя позволяет увеличить ресурс данных узлов до 50–60 тысяч часов эксплуатации на Экибастузском угле, что соответствует 2-3 межремонтным циклам котла ПК-39-2.

Резюмируя, можно сказать, что реализация предложенных мероприятий на котлах ПК-39-2 АО «ЕЭК» позволит:

1 Сократить количество аварийных остановов из-за свищей в конвективных поверхностях.

2 Снизить эксплуатационные затраты на замену трубных пакетов.

3 Повысить КПД котла за счет поддержания чистоты поверхностей и оптимизации теплообмена.

Внедрение данных мероприятий на одном корпусе котла ПК-39-2 позволит сократить количество вынужденных остановов по причине «свищей» в экономайзере на 25-30% в год, что дает прямой экономический эффект за счет исключения недовыработки электроэнергии.

ЛИТЕРАТУРА

1 Кузнецов Н.В. Рабочие процессы и вопросы усовершенствования конвективных поверхностей котельных агрегатов. М.: Госэнергоиздат, 1958. - 42 с.

2 Кузнецов Н. В. Теплообмен в конвективных поверхностях нагрева котлов при высоких запыленностях потока. М.: Энергия, 1968. – 115 с.

3 РД 34.26.601. Инструкция по защите от золового износа поверхностей нагрева котлов. М.: СПО Союзтехэнерго, 1980. – 12 с.

4 Липов Ю. М., Третьяков Ю. М. Котельные установки и парогенераторы. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 448 с.

5 Хромченко Ф.А. Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов. М.: Энергоатомиздат, 1982. – 78 с.

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ГАЗООЧИСТКИ НА АКСУСКОЙ ЭС: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ

КИНЖИБЕКОВА А. К.
к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
ПОДДУБНЫЙ А. Е.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

В статье рассматривается вопрос повышения эффективности системы газоочистки ЭС АО «ЕЭК» путем внедрения гибридных золоуловителей. Указанная тема является актуальной и практически значимой. Реализация предлагаемых решений способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду, повышению экологической безопасности и соответствию электрических станций современным экологическим стандартам и требованиям.

Электростанция АО «Евроазиатская энергетическая корпорация» находится в Павлодарской области в 10 км на север от города Аксу на левобережье реки Иртыш на расстоянии 1,4 км западнее ее основного русла.

Данная ЭС с проектной мощностью 2400 МВт имеет восемь дубль-блоков мощностью по 300 МВт и относится к базовым электростанциям по выработке электроэнергии. На каждом энергетическом блоке установлены два котла, четыре воздухоподогревателя, два электрофильтра и два вытяжных дымососа [1].

Как и большинство крупных промышленных предприятий, ЭС АО «ЕЭК» является постоянным источником вредных выбросов в атмосферу. Несмотря на значительный объем этих выбросов, они не превышают предельно допустимые концентрации (ПДК).

Казахстан активно внедряет концепцию «Индустрия 4.0» и новые экологические стандарты (например, переход на НДТ – наилучшие доступные техники [2]), чтобы сбалансировать промышленный рост и сохранение природы. Об этом сказано в послании Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана в 2025г. «Казахстан в эпоху искусственного интеллекта: актуальные задачи и их решения через цифровую трансформацию»: «С учетом огромных запасов качественного угля в Казахстане особое внимание следует уделить развитию угольной энергетики с применением передовой технологии, гарантирующей ее чистоту.

Наши природные преимущества надо умело использовать на благо развития страны» [3].

В связи с этим на ЭС АО «ЕЭК» в 2025г. принимается решение о внедрении инновационных фильтров для снижения выбросов до уровня международных стандартов [4]. Снижение вредных промышленных выбросов ЭС в пределах европейских экологических стандартов (концентрация выбросов до 50 мг/м3 [5]) возможно достигнуть именно таким методом. Для этого подписано соглашение с китайской компанией Fujian Longking Co., Ltd – одним из мировых лидеров в сфере экологического оборудования [6].

На сегодняшний день на ЭС АО «ЕЭК» установлены два типа электрофильтров для очистки дымовых газов:

– электрофильтры фирмы «LUK» (Германия);

– электрофильтры фирмы «ALSTOM Пауэр Ставан» (Швеция).

Коэффициент полезного действия «ALSTOM» составляет 99,7 %, у «LUK» – 97,5 %.

Допустимая весовая концентрация частиц в дымовом газе после очистки электрофильтрами уменьшена с 300 мг/нм3 до 200 мг/нм3. Учитывая уже достигнутый, относительно высокий уровень эффективности работы электрофильтров, не удастся обойтись совершенствованием какого-то определенного узла. Единственно возможный путь совершенствования системы газоочистки ЭС заключается в комплексном решении.

Впервые в Республике Казахстан будет осуществлено проектирование и последующее строительство оборудования с заменой физически устаревшего оборудования – электрофильтра фирмы «LUK» (корпус 4 «Б») на гибридный фильтр фирмы «LongKing» (КНР) и электрофильтра компании «ALSTOM» газоочистной установки (ОГУ) 4 «Б» на гибридный фильтр.

Изменение охвата стадии FEL3 (Front-End Loading 3 / Окончательное проектирование), в т.ч. за счет замены технологии ОГУ традиционный ЭФ на гибридный фильтр.

Компания Fujian Longking Co., Ltd провела глубокие исследования по органической интеграции электростатических фильтров и рукавных фильтров и самостоятельно разработала совершенно новый электростатический фильтр комбинированного типа (EFIP). Фильтр EFIP обладает независимыми правами интеллектуальной собственности и включает 13 запатентованных технологий, что является значительным прорывом в технологии очистки дымовых газов и пыли.

Электростатический фильтр комбинированного типа (EFIP) типа FE может стабильно и эффективно работать в течение длительного времени, эффективно контролируя выбросы пыли мелких частиц, и представляет собой новое поколение продуктов для удаления пыли с существенными характеристиками энергосбережения. Успешная разработка этого продукта предоставляет надежное новое оборудование для удаления пыли, обеспечивающее сверхчистые выбросы (≤5 мг/Нм³) на угольных электростанциях и в других отраслях, занимающихся контролем дымовых газов и пыли.

Предлагается одна система EFIP (электростатический фильтр комбинированного типа) для выполнения требований по обеспыливанию блока 4 «Б» электростанции АО «ЕЭК» в Аксу. Система будет установлена между котлом и дымососами для удаления пыли, содержащейся в дымовых газах.

Упрощенная технологическая схема процесса показана на рисунке 1.

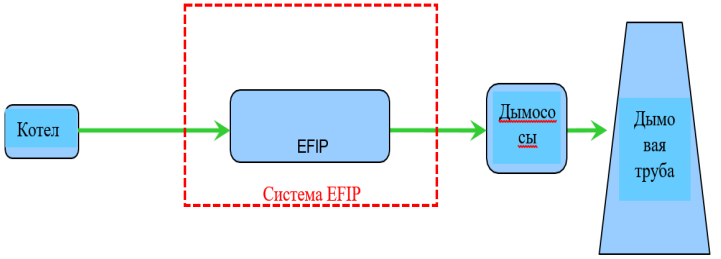


Рисунок 1 – Упрощенная технологическая схема системы EFIP

Основываясь на опыте эксплуатации установок аналогичного размера и особенностях данного проекта, можно заключить, что система EFIP обеспечит наибольшие преимущества, а именно:

Система EFIP легко обеспечит требуемый уровень выбросов пыли.

Обеспечение концентрации твердых частиц в дымовых газах на выходе из газоочистной установки корпуса котла 4 «Б» не превышают предельно допустимые концентрации (ПДК) повысит общую эффективность и экономичность работы ЭС.

Внедрение гибридных фильтров, сочетающих в себе преимущества различных технологий газоочистки позволяет существенно повысить степень улавливания твердых и аэрозольных частиц, снизить нагрузку на отдельные элементы системы и повысить ее надежность. Гибридные системы обеспечивают более стабильную работу в широком диапазоне эксплуатационных режимов и позволяют достигать высоких показателей очистки дымовых газов без значительного увеличения энергозатрат.

ЛИТЕРАТУРА

1 Орнатский А.П. и др. Парогенераторы сверхкритического давления. – Киев : Вища школа, 1980. – 288 с.

2 Справочник по наилучшим доступным техникам «Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности» Утвержден постановлением Правительства Республики Казахстан от 23 января 2024 года № 24.

3 Казахстан в эпоху искусственного интеллекта: актуальные задачи и их решения через цифровую трансформацию. Послание Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана от 8 сентября 2025 года.

4 Инновационные фильтры для снижения выбросов установят в Аксу. [Электронный ресурс] – https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/innovatsionnyie-filtryi-snijeniya-vyibrosov-ustanovyat-aksu-581125/#:~:text=ERG%20%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%B4%D1%80%D1%8F%D0%B5%D1%82%20%D0%B3%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%84%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D1%8B%20%D0%B2%20%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B5.

5 EUROPEAN STANDARD EN 13284-1. Stationary source emissions - Determination of low range mass concentration of dust - Part 1: Manual gravimetric method.

6 Electrostatic Fabric Integrated Precipitator [Электронный ресурс] – https://www.cccme.cn/products/detail-8047171.aspx#:~:text=Member%20Details,%EF%BC%9F.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ Г. АСТАНА

КОЖАХМЕТОВ Ж. Ж.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ТАЛИПОВ О. М.
PhD, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Теплоснабжение – одна из наиболее энергоемких отраслей хозяйства Казахстана, которая обеспечивает промышленное производство и коммунально-бытовые нужды населения в тепловой энергии и горячей водой.

В связи с интенсивным развитием г. Астаны изучение реальных тепловых и гидравлических потерь на действующем оборудовании является актуальной задачей, т.к. это позволит не только налаживать рациональные режимы его работы, но и учесть эти факторы при дальнейшем проектировании.

Акционерное общество «Астана-Теплотранзит» создано в соответствии с Законом Республики Казахстан «Об акционерных обществах», по решению единственного учредителя от 29 октября 2004 года. Единственным учредителем АО «Астана-Теплотранзит» является АО «Астанаэнергосервис».

Предметом деятельности АО «Астана-Теплотранзит», согласно его Уставу, является передача и распределение тепловой энергии от энергопроизводящих организаций (ТЭЦ-1,2, водогрейная котельная) промышленным, общественно-коммунальным предприятиям и бытовым потребителям г. Астана.

Акционерное общество «Астана-Теплотранзит» является субъектом естественной монополии в сфере предоставления услуг по передаче и распределению тепловой энергии в г.Астана.

На обслуживании и эксплуатации Общества – 766,29 км теплотрасс и 13 насосных станций.



Рисунок 1 – Схема теплоснабжения г. Астаны на 2010 г. с перспективой до 2020 г.

Полезный отпуск в 2017 году составил 5 467,5 тыс. Гкал, при плане 5 356,8 тыс. Гкал. Превышение объемов на 110,8 тыс. Гкал связано с приростом тепловых нагрузок вновь подключаемых потребителей и фактическими климатическими условиями.

Применение в строительстве и реконструкции тепловых сетей предизолированных труб, строгий подход к техническому состоянию тепловой изоляции теплотрасс надземной прокладки, а также увеличение полезного отпуска позволило снизить тепловые потери в теплосетях города с 13,5% до 13,0%.

При анализе результатов испытаний вычисляется отношение фактического коэффициента гидравлического трения испытанного трубопровода λф к коэффициенту гидравлического трения λр, соответствующему значению эквивалентной шероховатости kэ=5×10-4 м для данного диаметра нового трубопровода. Это отношение показывает, во сколько раз фактическое гидравлическое

сопротивление трению превышает расчетное значение для новых труб.

Снижение фактической пропускной способности трубопроводов на испытанных участках по отношению к расчетному значению (при ΔH=const) определяется но формуле

$$Gф/Gp=\sqrt{(sp/sф)},$$

где sp – расчетное сопротивление участка тепловой сети при kэ= 5×10-4, определенное по формуле (5.6), ч2/м5; sф– фактическое сопротивление участка трубопровода, рассчитанное по результатам испытаний, ч2/м5; Gp – расход воды на участке, равный расходу по циркуляционному кольцу, при сопротивлении сети sp.

Таким же образом производится сравнение фактических потерь напоров в тепловой сети при испытаниях с расчетными значениями соответствующих величин.

Повышенные потери напора на отдельных участках или по всей испытанной магистрали могут быть вызваны как повышенными местными сопротивлениями (наличие засоров, неисправность запорно-регулирующей арматуры и др.), так и увеличенными коэффициентами гидравлического трения внутренней поверхности трубопроводов.

Причинами повышенных коэффициентов гидравлического трения являются отложение накипи и внутренняя коррозия как следствие неудовлетворительной работы водоподготовительной установки и несоответствия нормам качества подпиточной воды, осуществления подпитки сырой неумягченной и недеаэрированной водой, нарушения режима работы тепловой сети и попадания кислорода воздуха в сетевую воду.

Конкретные причины увеличения гидравлического сопротивления устанавливаются на основании результатов испытаний путем дополнительного анализа эксплуатационных данных. Снижение сопротивления и соответствующее повышение пропускной способности трубопроводов может быть достигнуто в отдельных случаях путем проведения гидропневматической промывки.

Фактические значения коэффициентов гидравлического трения и эквивалентной шероховатости используются при последующей разработке гидравлических режимов тепловой сети.

Результаты периодических испытаний, проводимых в соответствии с требованиями ПТЭ, должны использоваться для накопления статистического материала по изменению гидравлических характеристик трубопроводов в процессе эксплуатации.

При проведении испытаний тепловых сетей АО «Астана-Теплотранзит» были определены коэффициенты местных сопротивлений различного диаметра. В качестве местных сопротивлений были использованы следующие элементы сетей:

– задвижка;

– тройник на слияние;

– сальниковый компенсатор (односторонний).

Результаты произведённых замеров приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты замеров коэффициентов местных сопротивлений

№ п/п	Диаметр исследуемого участка, мм	Наименование местного сопротивления	Эмпирический коэффициент местных потерь	Нормативный коэффициент местных потерь	Снижение коэффициента по сравнению с нормативно, %
1	100	задвижка	0,23	0,5	54
2	100	Тройник на слияние	0,38	0,5	24
3	200	задвижка	0,34	0,5	32
4	200	Тройник на слияние	0,39	0,5	22
5	350	Сальниковый компенсатор (односторонний)	0,17	0,3	43
6	350	задвижка	0,34	0,5	32
7	350	Тройник на слияние	0,39	0,5	22
8	450	Сальниковый компенсатор (односторонний)	0,19	0,3	37
9	450	задвижка	0,40	0,5	20
10	450	Тройник на слияние	0,42	0,5	16
11	500	Сальниковый компенсатор (односторонний)	0,21	0,3	30
12	500	задвижка	0,47	0,5	6
13	500	Тройник на слияние	0,45	0,5	10
14	800	Сальниковый компенсатор (односторонний)	0,25	0,3	17
15	800	задвижка	0,48	0,5	4
16	800	Тройник на слияние	0,48	0,5	4
17	1000	Сальниковый компенсатор (односторонний)	0,27	0,3	10
18	1000	задвижка	0,54	0,5	-8
19	1000	Тройник на слияние	0,5	0,5	0

Акционерное общество «Астана-Теплотранзит» является субъектом естественной монополии в сфере предоставления услуг по передаче и распределению тепловой энергии в г.Астана.

Применение в строительстве и реконструкции тепловых сетей предизолированных труб, строгий подход к техническому состоянию тепловой изоляции теплотрасс надземной прокладки, а также увеличение полезного отпуска позволило снизить тепловые потери в теплосетях города с 13,5% до 13,0 %.

Оценивая результат расчётов можно сказать, что значение реальных коэффициентов местных потерь оказывают влияние на потерю напора в тепловых сетях. Значение снижения пьезометрического напора в тепловой сети до конкретного абонента (при применении вновь полученных коэффициентов) будет зависеть от количества местных сопротивлений и диаметра трубопровода.

Такие замеры на действующих тепловых сетях дают информацию, на основании которой необходимо внести коррективы для изменения нормативных коэффициентов местных потерь. А уже подкорректированные значения найдут своё применение при проектировании новых систем теплоснабжения. В этих расчётах использование реальных коэффициентов местных сопротивлений позволит обеспечивать требуемые параметры тепловой сети используя оборудование с меньшими затратами энергии.

Принимая во внимание гидрогеологические условия территории города, характеризующиеся высоким уровнем стояния грунтовых вод с повышенной коррозионной агрессивностью и низким сроком службы традиционной изоляции, к прокладке следует рекомендовать бесканальный способ из предизолированных в заводских условиях труб, обеспечивающих их абсолютную герметичность и действенный контроль за их состоянием. В системе теплоснабжения г. Астаны уже есть опыт использования предизолированных труб заводского изготовления по датской технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.04.07-86*. «Тепловые сети». Минстрой России. Москва. 1996.

2. http://ostroymaterialah.ru/izolyaciya/raschet-tolshhiny-izolyacii-ruboprovodov.html.

3. Чугаев Р. Р. Гидравлика. Л. : Энергоиздат, 1982.

4. Водяные тепловые сети. Справочное пособие по проектированию / И. В. Беляйкина, В. П. Витальев, Н. К. Громов и

др., Под ред. Н. К. Громова, Е. П. Шубина. М. : Энергоатомиздат, 1988.

5. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М. : Машиностроение, 1992.

6. Справочник по расчетам гидравлических и вентиляционных систем / Под ред. А. С. Юрьева. С.-Пб. : АНО НПО «Мир и семья», 2001.

7. Стефанов Е. В. Вентиляция и кондиционирование. С.-Пб. : АВОК Северо-запад, 2005.

8. www.metran.ru.

9. www.vzljot.ru.

10. www.snab.ru/arhiv/2004/index.html

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

МАГАРРАМОВ Э. Р.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Современные электроэнергетические системы функционируют в условиях высокой динамичности и возрастающей сложности, что обусловлено внедрением цифровых технологий, ростом нагрузок и увеличением числа взаимосвязанных элементов. В этих условиях обеспечение надежности электрооборудования становится одной из приоритетных задач энергетики [1].

Традиционные методы технического обслуживания, основанные на регламентных интервалах, не позволяют в полной мере учитывать фактическое состояние оборудования и условия его эксплуатации [2]. Это приводит к неэффективному использованию ресурсов и повышению вероятности аварийных ситуаций.

В связи с этим актуальным направлением является разработка методов прогнозирования отказов, основанных на анализе статистических данных и применении интеллектуальных алгоритмов [3]. Такие подходы позволяют выявлять скрытые закономерности и прогнозировать развитие неисправностей на ранних стадиях.

Целью данной работы является исследование интеллектуальных методов прогнозирования отказов электрооборудования на основе статистических данных и оценка их эффективности.

1. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ КАК ОСНОВА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Статистические данные являются фундаментом для построения моделей надежности. Они включают информацию о параметрах работы оборудования, условиях эксплуатации, режимах нагрузки, а также данные о произошедших отказах [4].

Анализ таких данных позволяет выявить закономерности изменения технического состояния оборудования во времени. Например, увеличение температуры изоляции, рост вибрации или изменение электрических параметров могут служить индикаторами приближающегося отказа.

Важным аспектом является обеспечение качества данных. Недостоверные или неполные данные могут привести к ошибочным выводам и снижению точности прогнозирования [5]. В связи с этим применяются методы предварительной обработки, включающие фильтрацию выбросов, нормализацию и интерполяцию пропущенных значений.

Использование статистических данных позволяет перейти от реактивного обслуживания к проактивному управлению надежностью, при котором решения принимаются на основе прогнозных оценок [6].

2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Современные методы прогнозирования отказов активно используют алгоритмы интеллектуального анализа данных. К ним относятся методы машинного обучения, нейронные сети, методы классификации и кластеризации [7].

Методы машинного обучения позволяют строить модели, способные обучаться на исторических данных и выявлять сложные зависимости между параметрами. Например, алгоритмы случайного леса используются для классификации состояний оборудования, а метод опорных векторов – для решения задач регрессии.

Нейронные сети обладают высокой способностью к аппроксимации нелинейных функций и широко применяются для прогнозирования отказов. Они позволяют учитывать большое количество параметров и адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации [8].

Методы кластерного анализа используются для группировки оборудования по схожим характеристикам. Это позволяет выявлять типовые сценарии отказов и применять унифицированные подходы к их прогнозированию.

Таким образом, интеллектуальные методы анализа данных значительно расширяют возможности традиционных статистических подходов и повышают точность прогнозирования.

3. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ

Процесс построения модели прогнозирования включает несколько этапов: сбор данных, их предварительную обработку, выбор метода моделирования и оценку качества модели [9].

Математическая модель может быть представлена в виде зависимости:

$$Y = F(x_1, x_2, \ldots, x_n),$$

где Y – вероятность отказа, x_n – параметры состояния оборудования.

Для оценки точности моделей используются различные критерии, включая среднеквадратичную ошибку, точность классификации и коэффициент детерминации. Важным этапом является валидация модели на независимых данных, что позволяет избежать переобучения.

В практических задачах часто применяются гибридные модели, объединяющие статистические методы и методы машинного обучения. Это позволяет учитывать как вероятностную природу отказов, так и сложные зависимости между параметрами [10]

4. АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Анализ временных рядов является одним из ключевых инструментов прогнозирования отказов. Он позволяет исследовать динамику изменения параметров оборудования во времени и выявлять тренды и сезонные компоненты [3].

Методы сглаживания, такие как скользящее среднее и экспоненциальное сглаживание, позволяют устранить случайные колебания и выделить основную тенденцию.

Применение моделей авторегрессии и скользящего среднего (ARMA, ARIMA) позволяет строить прогнозы на основе предыдущих значений параметров. Это особенно актуально для оборудования, работающего в циклических режимах.

Таким образом, анализ временных рядов является важным инструментом повышения точности прогнозирования отказов.

5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Внедрение интеллектуальных систем прогнозирования отказов требует интеграции с существующей инфраструктурой предприятий. Необходимо обеспечить сбор данных в режиме реального времени, их хранение и обработку [6].

Одним из ключевых факторов является разработка удобных интерфейсов для визуализации результатов анализа. Это позволяет оперативно принимать решения и повышает эффективность работы персонала.

Экономический эффект от внедрения таких систем проявляется в снижении затрат на техническое обслуживание, уменьшении времени простоя оборудования и повышении надежности функционирования энергетических систем [1].

Кроме того, использование интеллектуальных методов позволяет повысить безопасность эксплуатации оборудования и снизить вероятность аварийных ситуаций.

В результате проведенного исследования установлено, что применение интеллектуальных методов анализа статистических данных является эффективным инструментом прогнозирования отказов электрооборудования. Использование алгоритмов машинного обучения, анализа временных рядов и вероятностных моделей позволяет существенно повысить точность прогнозов и адаптивность систем диагностики.

Показано, что ключевыми факторами успешного применения данных методов являются качество исходных данных, корректный выбор моделей и их интеграция в производственные процессы. Практическая реализация интеллектуальных систем обеспечивает переход к обслуживанию по состоянию, что способствует снижению затрат и повышению надежности оборудования.

Перспективы дальнейших исследований связаны с развитием гибридных моделей, объединяющих статистические методы и искусственный интеллект, а также с использованием технологий обработки больших данных.

ЛИТЕРАТУРА

1 Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности. – М.: Наука, 1986. [дата обращения: 17.03.2026].

2 Рябинин И.А. Надежность электротехнических систем. – СПб.: Энергоатомиздат, 2000. [дата обращения: 17.03.2026].

3 Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа, 2002. [дата обращения: 17.03.2026].

4 Барлоу Р., Прошан Ф. Статистическая теория надежности. – М.: Мир, 1984. [дата обращения: 17.03.2026].

5 Клейнбаум Д. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Финансы и статистика, 2002. [дата обращения: 17.03.2026].

6 Montgomery D. Applied Statistics and Probability for Engineers. – Wiley, 2010. [дата обращения: 17.03.2026].

7 Bishop C. Pattern Recognition and Machine Learning. – Springer, 2006. [дата обращения: 17.03.2026].

Goodfellow I. Deep Learning. – MIT Press, 2016. [дата обращения: 17.03.2026].

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

МАГАРРАМОВ Э. Р.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

В современных условиях развития электроэнергетических систем проблема обеспечения надежности электрооборудования приобретает особую значимость. Увеличение плотности нагрузок, усложнение архитектуры электрических сетей, а также интеграция цифровых технологий приводят к необходимости совершенствования методов диагностики и прогнозирования отказов. Традиционные подходы, основанные на регламентных сроках технического обслуживания, не всегда позволяют своевременно выявлять потенциальные неисправности, что обуславливает актуальность применения статистических методов анализа данных [1].

Прогнозирование отказов электрооборудования представляет собой комплекс мероприятий, направленных на определение вероятности выхода из строя элементов системы в заданный временной интервал. В основе данного процесса лежит анализ статистической информации о функционировании оборудования, включающей данные о наработке, условиях эксплуатации, режимах работы и истории отказов. Использование статистических методов позволяет учитывать случайный характер возникновения

неисправностей и выявлять закономерности, скрытые в массиве данных [2].

Теоретической базой исследования является теория надежности технических систем. Основным показателем надежности является вероятность безотказной работы, которая определяется как вероятность того, что случайная величина времени до отказа T превышает заданное значение t:

$$P(t) = P(T > t).$$

Данный показатель тесно связан с функцией распределения времени до отказа F(t), которая определяется как:

$$P(t) = P(T > t).$$

Плотность распределения времени до отказа f(t) характеризует вероятность возникновения отказа в малом интервале времени и используется для определения интенсивности отказов:

$$\lambda(t) = f(t) / P(t).$$

Анализ функции интенсивности отказов позволяет выявить характер изменения надежности оборудования в процессе эксплуатации. Для большинства видов электрооборудования характерна так называемая «ваннообразная кривая», отражающая три этапа жизненного цикла: период приработки, этап нормальной эксплуатации и этап износа. На первом этапе наблюдается повышенная интенсивность отказов, обусловленная скрытыми дефектами. На втором этапе интенсивность стабилизируется, а на третьем возрастает вследствие старения и деградации элементов [3].

Для моделирования процессов отказов используются различные статистические распределения. Экспоненциальное распределение применяется при предположении о постоянной интенсивности отказов и описывается выражением:

$$P(t) = exp(-\lambda t)\ [5].$$

Однако данная модель не учитывает изменение надежности во времени. Более универсальным является распределение Вейбулла, которое позволяет моделировать различные типы отказов:

$$P(t) = exp(-(t/\eta)\hat{}\beta),$$

где η – параметр масштаба, характеризующий срок службы оборудования, β – параметр формы, определяющий характер изменения интенсивности отказов. При $\beta < 1$ наблюдается снижение интенсивности отказов, при $\beta = 1$ – постоянная интенсивность, при $\beta > 1$ – рост интенсивности.

Важным этапом статистического прогнозирования является сбор и подготовка исходных данных. Источниками информации являются системы мониторинга, журналы эксплуатации, результаты диагностики, а также архивные данные о ремонтах и отказах. Для повышения качества анализа необходимо проводить очистку данных от выбросов, нормализацию и агрегацию показателей[6].

Анализ временных рядов играет ключевую роль в выявлении закономерностей изменения параметров оборудования. Методы сглаживания, такие как скользящее среднее, позволяют устранить случайные колебания и выявить тренды. Кроме того, применение методов спектрального анализа дает возможность выявить периодические компоненты в данных, связанные с циклическими нагрузками.

Корреляционный анализ используется для оценки взаимосвязи между параметрами эксплуатации и вероятностью отказа. Например, повышение температуры изоляции может быть связано с увеличением нагрузки, что в свою очередь влияет на ускорение процессов старения. Определение таких зависимостей позволяет формировать диагностические признаки и использовать их для прогнозирования [7].

Регрессионные модели широко применяются для количественной оценки влияния факторов на надежность оборудования. Общий вид линейной регрессионной модели может быть представлен следующим образом:

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \ldots + a_nx_n,$$

где Y – показатель надежности, x_n – факторы, влияющие на состояние оборудования, a_n – коэффициенты, определяемые методом наименьших квадратов. Использование нелинейных моделей позволяет учитывать сложные зависимости между параметрами [8].

Одним из перспективных направлений является применение методов анализа больших данных. Современные энергетические системы оснащаются датчиками, обеспечивающими непрерывный поток информации о состоянии оборудования. Обработка таких данных требует использования специализированных алгоритмов, способных эффективно работать с большими объемами информации [10].

Практическая реализация статистических методов прогнозирования позволяет перейти от планово-предупредительного обслуживания к обслуживанию по состоянию. Это обеспечивает более рациональное использование ресурсов, снижение затрат на ремонт и повышение надежности оборудования. Кроме того, своевременное выявление дефектов позволяет предотвратить аварийные ситуации и минимизировать последствия отказов.

Следует отметить, что точность прогнозирования зависит от множества факторов, включая качество исходных данных, корректность выбранной модели и условия эксплуатации оборудования. В связи с этим необходимо проводить регулярную валидацию моделей и корректировку параметров на основе новых данных[8].

Перспективы развития данного направления связаны с интеграцией статистических методов и методов машинного обучения. Использование нейронных сетей, деревьев решений и других алгоритмов позволяет повысить точность прогнозов и адаптивность моделей. Однако при этом сохраняется необходимость использования статистических методов в качестве базового инструмента анализа

Таким образом, прогнозирование отказов электрооборудования на основе статистических данных является важным элементом современной системы управления надежностью. Комплексное применение методов теории вероятностей, анализа данных и цифровых технологий позволяет существенно повысить эффективность эксплуатации электрооборудования и обеспечить устойчивое функционирование энергетических систем.

В результате проведенного исследования установлено, что применение статистических методов анализа данных является эффективным инструментом прогнозирования отказов электрооборудования. Использование вероятностных моделей, включая распределения времени до отказа и анализ интенсивности отказов, позволяет учитывать случайный характер деградационных процессов и формировать обоснованные прогнозы надежности.

Показано, что ключевым фактором повышения точности прогнозирования является качество исходных данных, а также корректный выбор математической модели, адекватно отражающей особенности эксплуатации оборудования. Применение методов анализа временных рядов, корреляционного и регрессионного анализа обеспечивает выявление скрытых закономерностей и взаимосвязей между параметрами функционирования и вероятностью возникновения отказов.

Практическая значимость результатов заключается в возможности перехода к концепции обслуживания по техническому состоянию, что позволяет снизить эксплуатационные затраты, повысить надежность оборудования и сократить количество аварийных ситуаций. Внедрение автоматизированных систем мониторинга и цифровых технологий расширяет возможности сбора и обработки данных, обеспечивая оперативность и точность прогнозов.

Перспективы дальнейших исследований связаны с развитием гибридных методов, объединяющих статистический анализ и алгоритмы машинного обучения. Это позволит повысить адаптивность моделей, учитывать нелинейные зависимости и улучшить качество прогнозирования в условиях неопределенности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности. – М.: Наука, 1986. [дата обращения: 17.03.2026].

2 Рябинин И.А. Надежность и диагностика электротехнических систем. – СПб.: Энергоатомиздат, 2000. [дата обращения: 17.03.2026].

3 Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа, 2002. [дата обращения: 17.03.2026].

4 Барлоу Р., Прошан Ф. Статистическая теория надежности. – М.: Мир, 1984. [дата обращения: 17.03.2026].

5 Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. – М.: Мир, 1980. [дата обращения: 17.03.2026].

6 ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения. [дата обращения: 17.03.2026].

7 Клейнбаум Д. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Финансы и статистика, 2002. [дата обращения: 17.03.2026].

8 Montgomery D. Applied Statistics and Probability for Engineers. – Wiley, 2010. [дата обращения: 17.03.2026].

9 Nelson W. Applied Life Data Analysis. – Wiley, 2004. [дата обращения: 17.03.2026].

10 O'Connor P. Practical Reliability Engineering. – Wiley, 2012. [дата обращения: 17.03.2026].

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕХИМИИ И ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА ПАВЛОДАРСКОГО РЕГИОНА

РЫНДИН В. В.
к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
ЖЕТПІС Ә. А.
студент, Торайгыров университет, г. Павлодар

В этой статье изучается проблема уменьшения технических потерь в электросетях, снабжающих основные промышленные объекты Павлодарского региона, в том числе ПНХЗ и магистральные нефтепроводы. Анализируется структура потерь, которые возникают при работе мощного насосного оборудования и компрессорных станций. Рассматриваются способы улучшения энергоэффективности через компенсацию реактивной мощности и модернизацию инфраструктуры с учетом особенностей непрерывного цикла нефтепереработки [1]. Развитие энергетики Казахстана сейчас требует перехода к энергоэффективным моделям. Павлодарский энергоузел, объединяющий крупнейшие мощности страны (Экибастузские ГРЭС-1, ГРЭС-2 и Аксускую ГРЭС), сталкивается с проблемой износа распределительных сетей на уровне 60–70%. Эта проблема энергопотерь особенно важна для Павлодарского нефтехимического завода (ПНХЗ) и системы магистральных трубопроводов. Высокая энергоемкость процессов перекачки и переработки нефти делает снижение

технологического расхода электроэнергии очень важным для уменьшения себестоимости конечной продукции [2]. Цель этой работы – рассмотреть причины технических потерь в сетях 0,4–110 кВ Павлодарского региона и предложить инженерные решения для их уменьшения в современных условиях.

Технические потери электроэнергии в сетях обусловлены физическими явлениями в проводах и устройствах. Чтобы понимать, как хорошо работают сети в регионе, их делят на группы по причине возникновения:

1. Потери из-за нагрузки (меняющиеся): эти потери происходят в линиях электропередачи и обмотках трансформаторов, и их величина меняется в зависимости от силы тока;

2. Потери при работе вхолостую (почти постоянные): они появляются в сердечниках трансформаторов и изоляции кабелей, и их величина зависит от того, сколько времени оборудование работает под напряжением;

3. Потери из-за коронного разряда: такие потери типичны для воздушных линий напряжением 110 кВ и выше, и их величина зависит от погоды и состояния проводов.

Математически зависимость потерь мощности (ΔP) от параметров сети описывается законом Джоуля-Ленца:

$$\Delta P = I^2 \cdot R \cdot 10^{-3}[\text{кВт}]$$

Формула 1 – Расчет потерь мощности через ток и сопротивление

где: I – сила тока, протекающего по участку сети, А; P – активное сопротивление участка, Ом.

Учитывая, что передаваемая полная мощность связана с током и напряжением, формулу можно представить в виде:

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R$$

Формула 2 – Расчет потерь с учетом реактивной составляющей мощности

где: P – активная мощность; Q – реактивная мощность; U – номинальное напряжение сети.

На основе проведённого разбора можно заключить, что для сокращения потерь в энергетике есть несколько дельных способов: увеличение рабочего напряжения в сетях, регулировка потоков реактивной мощности и уменьшение сопротивления линий с помощью современных материалов [3].

Что касается технических мер по уменьшению потерь и их результативности, то для Павлодарского энергоузла, большая часть сетей которого работает с 70-80-х годов, требуется основательная модернизация. Рассмотрим самые удачные методы:

Компенсация реактивной мощности. Крупные потребители на ПНХЗ и нефтеперекачивающих станциях (НПС) - это мощные асинхронные двигатели насосов и компрессоров. Из-за их работы возникает существенный объём реактивной мощности (Q), что приводит к нагреву кабелей и перегрузке трансформаторов. Установка автоматических конденсаторных установок (АКУ) прямо в точках нагрузки помогает снизить нагрузку на сеть и стабилизировать напряжение, что нужно для нормальной работы оборудования [4].

Установка автоматических конденсаторных установок (АКУ) непосредственно в центрах нагрузки позволяет:

– снизить полную мощность, потребляемую из сети;

– стабилизировать уровень напряжения у потребителя;

– высвободить дополнительную пропускную способность существующих линий.

Обновление электросетей посредством использования самонесущих изолированных проводов. Обычные алюминиевые провода (марки А и АС) имеют недостатки, в частности, подвержены коррозии и большим потерям при плохой погоде. Замена их на СИП в сетях 0,4-10 кВ позволяет уменьшить реактивное сопротивление линии на 15-20 %. Плюс ко всему, СИП мешает нелегальным подключениям, что снижает коммерческие потери.

Внедрение систем автоматизированного учета электроэнергии. Автоматизация в энергетике невозможна без точного учета. Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) позволяют в режиме реального времени видеть разницу между выработанной и потребленной энергией [5]. Это помогает быстро находить места больших потерь и улучшить работу сети.

Сравнение методов по эффективности. Для простоты рассмотрим сравнение предложенных мер в таблице (1).

Таблица 1 – Сравнение методов снижения технических потерь

Метод модернизации	Влияние на потери	Дополнительный эффект для промплощадок
Установка КРМ	Снижение на 5-12 %	Стабилизация пусковых токов мощных насосов
Замена на СИП	Снижение на 3-7 %	Защита от простоев из-за КЗ в сложных метеоусловиях
Высшее напряжение	Снижение на 15-25 %	Резервирование мощности для расширения мощностей ПНХЗ

Пример расчетной оценки потерь. Рассмотрим участок сети 10 кВ с передаваемой активной мощностью 5 МВт и реактивной мощностью 3 Мвар при сопротивлении линии R = 0,4 Ом. Потери мощности определяются по формуле (2):

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R$$

$$\Delta P = \frac{5^2 + 3^2}{10^2} \cdot 0.4 = \frac{34}{100} \cdot 0.4 = 0.136 \text{ МВт}$$

Таким образом, потери составляют 136 кВт.

При компенсации реактивной мощности до уровня Q = 1 Мвар:

$$\Delta P = \frac{5^2 + 1^2}{10^2} \cdot 0.4 = \frac{26}{100} \cdot 0.4 = 0.104 \text{ МВт}$$

Потери снижаются до 104 кВт, что соответствует уменьшению на 23,5 %.

Предложенные методы повышения энергетической эффективности подкреплены анализом физических характеристик сети и рабочих режимов Павлодарского энергоузла. Внедрение компенсации реактивной мощности даёт уменьшение потерь в диапазоне 5-12 % за счёт снижения реактивной составляющей (), что освобождает линии от лишних токов [6]. Использование самонесущего изолированного провода (СИП) позволяет добиться улучшения показателей на 3-7 % благодаря уменьшению

реактивного сопротивления на 15-20 % и устранению токов утечки. Переход на более высокое напряжение обеспечивает наибольшую экономию (до 25 %), так как потери () обратно пропорциональны квадрату напряжения ().

Развитие энергетики Павлодарского региона тесно связано с эффективным энергоснабжением его промышленных объектов, особенно в нефтехимической отрасли и при транспортировке углеводородов. Исследования показывают, что внедрение компенсации реактивной мощности и автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии (АСКУЭ) на предприятиях вроде ПНХЗ позволяет снизить технологические потери на 15-20 %. Это не только экономит ресурсы, но и повышает надёжность непрерывного производственного цикла, что соответствует принципам «зелёной» экономики и устойчивого развития топливно-энергетического комплекса Казахстана.

ЛИТЕРАТУРА

1 Авдеева Э. А. Роль цифровых технологий в повышении энергоэффективности международных нефтегазовых компаний https://open.mgimo.ru/handle/123456789/1168 2023.

2 Воротницкий В. Э. Компенсация реактивной мощности-эффективное средство повышения надежности, качества и экономичности электроснабжения. “Энергия единой сети. – 2015. – №. 2. – С. 19” 2015.

3 Печко А. С. Оптимизация режима электрической сети по напряжению и реактивной мощности усовершенствованным методом. https://rep.bntu.by/ 2017.

4 Радкевич В. Н., Козловская В. Б., Колосова И. В. Выбор электрооборудования систем электроснабжения промышленных предприятий. “Пособие Минск БНТУ” 2017.

5 Садовская Т. И., Сурович П. В. Автоматические системы комплексного учета электроэнергии. “Актуальные проблемы энергетики” 2020.

6 Сибикин М. Ю., Сибикин Ю. Д. Технология энергосбережения. «Форум», 2012.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АУДИТ КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ (НА ПРИМЕРЕ ТОО «АКТОГАЙ-АГРО»)

САТАБАЕВ А. Т.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Энергоэффективность в агропромышленном секторе сегодня является одним из ключевых факторов устойчивого развития. Рост тарифов на энергоресурсы, необходимость снижения себестоимости продукции и повышение экологической ответственности предприятий требуют внедрения современных подходов к управлению энергопотреблением. В этой связи энергетический аудит выступает как инструмент комплексного анализа, позволяющий выявить слабые места в системе энергоснабжения и предложить меры по оптимизации производственных процессов.

Вопросы энергоэффективности агропромышленных предприятий активно исследуются как в Казахстане, так и за рубежом. Отечественные авторы подчёркивают, что агросектор характеризуется высокой энергоёмкостью и низким уровнем рационального использования энергоресурсов, что снижает конкурентоспособность продукции. Так, в работах А. Р. Солтангазинова, А. Ж. Мусиной и А. С. Кадыровой отмечается необходимость внедрения систем энергосбережения, способных снизить энергозатраты и повысить эффективность производства.

Значительный вклад в развитие теории и практики энергосбережения внёс А. Ш. Алимгазин, доктор технических наук, профессор ЕНУ им. Л. Н. Гумилёва, руководитель НИИ «Энергосбережение и энергоэффективные технологии». Его исследования посвящены повышению энергоэффективности теплоэнергетического оборудования и использованию возобновляемых источников энергии, что имеет прямое отношение к агропромышленному сектору.

Организационно-экономические аспекты энергосбережения подробно рассмотрены в диссертации А.К. Мазиной, где автор анализирует механизмы внедрения энергосберегающих мер в сельском хозяйстве Казахстана. Особое внимание уделяется применению возобновляемых источников энергии — солнечной, ветровой, биомассы и геотермальной энергии — что подтверждает

актуальность перехода к «зелёным» технологиям в аграрной отрасли.

Международный опыт также подтверждает эффективность комплексного подхода к управлению энергопотреблением. В работах российских исследователей, таких как Д.С. Стребков и А.В. Тихомиров, показано, что внедрение систем автоматизации и мониторинга позволяет оптимизировать режимы работы оборудования и существенно снизить энергозатраты в животноводстве и растениеводстве. В Европе и США активно развиваются технологии «умного фермерства», включающие использование солнечных панелей, биогазовых установок и цифровых систем управления энергопотреблением.

Энергетический аудит ТОО «Актогай-АГРО» был направлен на изучение структуры энергопотребления, определение удельных показателей расхода электроэнергии и тепла, а также выявление факторов, снижающих эффективность использования ресурсов. В ходе исследования установлено, что основными потребителями энергии на предприятии являются насосные станции, системы вентиляции и технологическое оборудование. Анализ показал наличие избыточных тепловых потерь, низкую эффективность работы электродвигателей и отсутствие систем автоматического регулирования режимов работы оборудования. Эти факторы существенно увеличивают энергозатраты и снижают общую производительность.

Результаты аудита позволили определить потенциал экономии энергоресурсов в пределах 15-20 %. Для достижения этого уровня предлагается комплекс мероприятий, включающий замену устаревших электродвигателей на современные энергоэффективные модели, внедрение систем автоматизации и мониторинга энергопотребления, оптимизацию режимов работы насосного и вентиляционного оборудования, а также использование возобновляемых источников энергии для вспомогательных нужд. Важным направлением является формирование культуры рационального энергопотребления среди персонала предприятия, что позволит закрепить достигнутые результаты и обеспечить их долгосрочный эффект.



Рисунок 1 – Энергопотребление предприятия

Экономический эффект от внедрения предложенных мер выражается в снижении затрат на энергоресурсы и уменьшении себестоимости продукции. Это позволяет предприятию повысить рентабельность и обеспечить более устойчивое финансовое положение. Дополнительно, оптимизация энергопотребления способствует снижению зависимости от колебаний тарифов на электроэнергию и топливо, что особенно важно в условиях нестабильной экономической среды. В долгосрочной перспективе это создаёт основу для формирования инвестиционной привлекательности предприятия, так как демонстрация энергоэффективности является важным фактором при оценке рисков и перспектив развития бизнеса.

Экологический эффект заключается в сокращении выбросов парниковых газов и улучшении экологических показателей предприятия. Снижение энергозатрат напрямую связано с уменьшением углеродного следа, что соответствует международным требованиям по устойчивому развитию и климатической политике. Внедрение энергоэффективных технологий также способствует рациональному использованию природных ресурсов, снижению нагрузки на окружающую среду и улучшению условий труда работников за счёт оптимизации микроклимата производственных помещений.

Кроме того, реализация мероприятий по повышению энергоэффективности создаёт предпосылки для дальнейшей модернизации производственных процессов, внедрения инновационных технологий и повышения конкурентоспособности

продукции на внутреннем и внешнем рынках. Важно отметить, что энергоэффективность становится не только экономическим и экологическим фактором, но и стратегическим преимуществом предприятия. Она позволяет позиционировать продукцию как более экологичную и современную, что повышает её привлекательность для потребителей и партнёров.

Экономический эффект от внедрения предложенных мер выражается в снижении затрат на энергоресурсы и уменьшении себестоимости продукции. Экологический эффект заключается в сокращении выбросов парниковых газов и улучшении экологических показателей предприятия. Кроме того, реализация мероприятий по повышению энергоэффективности создаёт предпосылки для дальнейшей модернизации производственных процессов, внедрения инновационных технологий и повышения конкурентоспособности продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Таким образом, энергетический аудит ТОО «Актогай-АГРО» подтвердил наличие значительного потенциала повышения энергоэффективности. Проведённый анализ показал, что на предприятии существуют реальные возможности для оптимизации использования энергетических ресурсов за счёт модернизации оборудования, совершенствования технологических процессов и внедрения современных энергоэффективных решений. Внедрение разработанных рекомендаций позволит предприятию не только существенно снизить энергозатраты и уменьшить эксплуатационные расходы, но и повысить общую эффективность производственной деятельности. Кроме того, реализация предложенных мероприятий будет способствовать снижению негативного воздействия на окружающую среду, рациональному использованию природных ресурсов и повышению экологической безопасности производства.

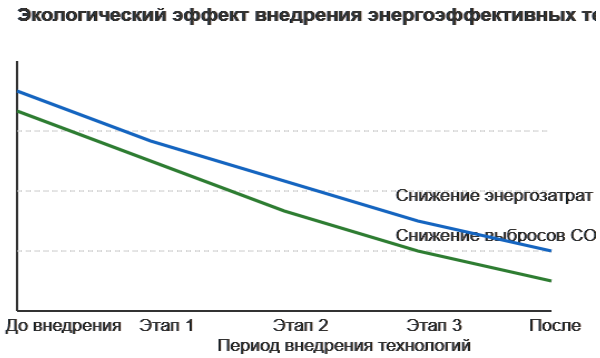


Рисунок 2 – Экологический эффект от внедрения энергоэффективных технологий

В долгосрочной перспективе данные меры обеспечат устойчивое развитие предприятия, повышение его конкурентоспособности на агропромышленном рынке и соответствие современным требованиям к энергоэффективности и экологической ответственности агропромышленных организаций. Научная новизна исследования заключается в комплексном подходе к оценке энергоэффективности производственных процессов, включающем анализ структуры энергопотребления, выявление основных источников потерь энергии и разработку практических рекомендаций по их сокращению. Практическая значимость работы состоит в возможности непосредственного применения предложенных мер в деятельности предприятия, что позволит повысить уровень энергетической эффективности производства, снизить себестоимость продукции и обеспечить более устойчивое функционирование предприятия в условиях современных экономических и экологических требований.

ЛИТЕРАТУРА

1 Солтангазинов А. Р., Жумабекова А. К. Энергоэффективность агропромышленного комплекса Казахстана. – Алматы: КазНАУ, 2022.

2 Сариева К.Р. Перспективы биоэнергетики в агросекторе Казахстана. – Павлодар: ПГУ им. Торайгырова, 2021.

3 Стребков Д.С., Тихомиров А.В. Энергосбережение в животноводстве. – Москва: Агропромиздат, 2020.

4 Профессиональный стандарт «Энергетический аудит». – Астана: Министерство энергетики РК, 2023.

5 European Commission. Energy efficiency in agriculture: best practices. – Brussels, 2020.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ РАЙОННЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

ТАБЕЕВ А. Х.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ТАЛИПОВ О. М.
PhD, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

За использованием тепловой энергии для обеспечения комфортного пребывания, работы и жизнедеятельности человека стоит ряд задач и проблем разных масштабов и сложностей. К главным проблемам относят потери, обусловленные гидравлическими потерями и потерями тепла, образующимися на разных участках тепловых сетей в различных условиях и ситуациях.

Во избежание внушительных финансовых издержек на закупку топлива для генерации тепловой энергии, а также на выработку необходимой мощности электрических насосов, необходима оптимизация эксплуатации соответствующего оборудования и непосредственно самой тепловой сети.

Опираясь на современные исследования российских коллег [1-4], в современных условиях эксплуатации потери теплоты в сетях достигают до 15–30% годового отпуска тепла. Данный показатель применим и к казахстанским тепловым сетям ввиду почти идентичного инженерного подхода к строительству и эксплуатации сетей и его тепломеханического оборудования. В современных реалиях стран СНГ показатель сверхнормативных потерь варьируется между 20 % и 25 % [7], а фактический показатель, указанный выше, достигает и более высоких значений.

В случае же гидродинамики в подобных системах всегда говорят о конкретном давлении в них, которое должно поддерживаться на определённом уровне с необходимым напором, чтобы рассматриваемый носитель сети достиг в нужном количестве и порядке к потребителю. Необходимые показатели можно поддержать на протяжении всей длинны трубопровода сети, если использовать оборудование подходящей мощности. Но чем больше

длина трубопровода и чем больше в трубопроводе встречается мест сопротивлений, тем большая мощность будет затрачена на подачу.

город Нур-Султан непрерывно и интенсивно растёт, а с этим растёт и потребность в обеспечении города тепловой энергией. Появление новых потребителей требует увеличение длины и объёмов тепловых сетей, что ведёт к увеличению гидравлических и тепловых потерь в них.

Для обеспечения циркуляции теплоносителя на большой протяжённости теплотрассы устанавливаются несколько подкачивающих насосных станций, число которых зависит от протяжённости теплотрассы.

Также остаётся открытым вопрос и тепловых потерь, что также растут с ростом длины и объёма теплотрасс.

Низкие показатели тепловых потерь позволят сократить теплогенерирующим и теплоснабжающим предприятиям расходы на восполнение планового отпуска. К таким расходам относятся расходы на электроэнергию, ТЭР и все прилегающие мероприятия по транспортировке, подготовке и хранению топливных ресурсов.

То же касается и расходов в гидродинамических системах – сокращение потребляемой мощности тепломеханического оборудования снижает финансовые затраты для компании, обслуживающей оборудование, на электроэнергию.

Объектом исследования является тепловые сети конкретного района, а именно рабочий участок насосной станции № 10 города Нур-Султан, обособленный улицами Сарайшык, Динмухамеда Кунаева, Акмемшит, бульваром Нуржол и Проспектом Кабанбая Батыра; конструкционное исполнение тепловых магистралей, касающейся гидравлических характеристик их работы.

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ДОСТАВКИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Опираясь на тот факт, что пенополиуретановая изоляция трубопровода на данный момент является наилучшим видом изоляции по коэффициенту теплоотдачи и рентабельности, и потому используется повсеместно в современных тепловых сетях, очевидным становится то, что вопрос изолирования трубопровода также на данный момент совершенен и не поддаётся дальнейшему существенному улучшению.

Однако следующее конструкционное решение в теории позволит уменьшить тепловые потери на некоторых участках трубопровода.

Вспоминая о способе прокладки трубопровода, говорят о бесканальной и канальной прокладке тепловых сетей (рисунки 5,6 и 7). В нашем случае нас интересует канальная прокладка, а именно непроходная. По завершению прокладки канала, он засыпается грунтом. Замена грунта на какой-либо материал, применяемым для теплоизоляции, позволит дополнительно снизить потери тепла на длине участка. Глядя на показатели теплопроводности грунта по СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» [9], и сравнивая их с показателями теплоизоляционных материалов, отражённых в таблице 1, масштабы разницы в отдаче тепловой энергии в окружающую среду станут очевидны – теплопроводность пенополиуретана и грунта усреднённо соответственно равны 0,028 Вт/(м*оС) [13] и 1,13 Вт/(м*оС) [14].

Прямое использование изоляционных материалов может быть затратным, поэтому в дополнение предложено использование различных остаточных фракций и элементов изоляционных или сторонних пенообразных материалов как наполнитель непроходных каналов. Использование вторичного сырья позволит не только сократить ресурсы, необходимые на процедуры по хранению или переработке, но и определённой степени поддержать экологическую обстановку, сократив объёмы отвалов неперерабатываемых элементов данного вторсырья.

Ко всему прочему, данная конструкция позволит сократить расходы на изоляцию и армирование трубопровода по длине канала ввиду прямого исполнения данных ролей.

Исполнение данной конструкции может подразумевать заполнение канала трубопровода вторсырьём с такой утромбовкой материала, которая обеспечит плотность, схожую с первичным видом пенополиуретановой прослойки изоляции.

Гидравлический режим рассматриваемого участка сети возможно оптимизировать внедрением малых насосных систем подкачки теплоносителя.

Установка подпитывающих насосов могла бы произойти по двух принципам: по принципу «равномерного шага» и по факту прохождения местных сопротивлений.

В первом варианте предполагается установка насосов на протяжении всей длины магистрали с высчитанным шагом установки. Недостатком данного принципа установки оборудования сводится к очевидным избыткам потребления энергии и выработки мощности в связи с вероятно излишним количеством установленных

по шагу насосов, а также вполне вероятными проблемами с установкой на тех или иных шагах, будь то подземная, и надземная установка насоса.

Наиболее оптимальным видится второй вариант - установка по факту прохождения местных сопротивлений. Как известно, по прохождению участка сопротивления, напор уменьшается. Установка компенсирующего насоса после элемента местного сопротивления позволит сразу же восполнить потерянную кинетическую энергию потока теплоносителя. Именно точечная установка оборудования позволит избежать переизбытка выработки энергии, а также затрат на эту выработку, а также на установку самого оборудования, в сравнении с первым вариантом компенсации.

Также дополнительным вариантом компенсации гидравлических потерь может послужить распределение нагрузок путём разветвления трубопровода по конкретным направлениям. Разветвление трубопровода непосредственно на насосной станции, и подключение веток к своим отдельным насосам, в теории позволит сократить гидравлические издержки тем очевидным фактом, что нагрузка будет теряться меньше, если у магистрали будет меньше элементов местных сопротивлений.

Та же мысль применима и к схеме работы с несколькими насосными станциям и распределением нагрузок района по ним.

В закрепление этого предложения представлен следующий перерасчёт гидравлических потерь, если бы по выбранной секции тепловой сети отсутствовали различные местные сопротивления.

Таблица 1 – Разность потери давления на существующем и гипотетически реконструированном участке.

Участок		Потери давления на участке ΔН, кгс/м2	Потери давления на участке без местных сопротивлений ΔН, кгс/м2
1	2	3	4
1	НС - НС1	0,4621	0,4621
2	НС1 - УТ-16	10,9994	10,9965
3	УТ-16 – УТ-15	53,9244	53,9166
4	УТ-15 - УТ-14.1	8,5017	8,4967
5	УТ-14.1 – УТ-14.01	39,0541	39,0451
6	УТ-14.01 - УТ-14	10,9613	10,9548
7	УТ-14 - УТ-13	69,8602	69,8551
8	УТ-13 – УТ-1П	27,1447	27,1447
9	УТ-1П – УТ-12.1	1,185	1,1841
10	УТ-12.1 – УТ-12.01	12,6362	12,6337
11	УТ-12.01 – УТ-12	4,7089	4,7067
12	УТ-12 - УТ-11.1	7,1997	7,1997
13	УТ-11.1 – УТ-11	3,748	3,7437
14	УТ-11 - УТ-1	4,1189	4,1179
15	УТ-1 - УТ-1.1	1,8934	1,8929
16	УТ-1.1 – УТ-2	2,4968	2,4963
17	УТ-2 - УТ-Конаева.2	4,2015	4,2012
Сумма		263,0963	263,0478

Результаты наглядно показывают, что реконструкция тепловых сетей может также сократить потери давления.

На основе расчётов и фактической технической обстановки тепловой сети сделаны выводы о вероятных недоработках в конструкции и комплектации представленной тепловой сети и станции, подкачивающей участок:

Высокие тепловые потери свидетельствуют именно о плохом исполнении тепловой изоляции или о возможных порывах или утечках, так как пенополиуретановая изоляция – ныне наилучший материал термической изоляции. Также возможно отсутствие изоляции запорной арматуры и прочих элементах трубопровода;

Высокая материальная характеристика и протяжённость тепловой сети является причина повышенных показателей

как гидравлических, так и тепловых потерь. Это обусловлено «громоздкой» инфраструктурой рассматриваемого района.

По данным выводам представлен ряд предложений, которые могут оптимизировать доставку тепловой энергии по выбранной части тепловой сети города, а на примере этой, применить и к остальным секциям и участкам сети:

Использование остаточных материалов тепловой изоляции как полноценный изоляционный слой в конструкции подземной канальной прокладки трубопровода;

Использование малых подкачивающих станций и установок на протяжении тепловой сети с определённым шагом по длине или в конкретных точках;

Изолирование элементов трубопровода, к которым термическая изоляция ныне не применена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Г.В., Половников В.Ю. (2009) «Анализ тепловых потерь теплотрубпроводов в условиях взаимодействия с влажным воздухом»

2. Кузнецов Г.В., Половников В.Ю. (2006) «Оценка масштабов тепловых потерь в магистральных теплотрубопроводах в условиях затопления»

3. Ватин Н.И., Дубов В.В., Петраков Г.П. (2013) «Внедрение РМД 41-11-2012 Санкт-Петербург «Устройство тепловых сетей в Санкт-Петербурге»», интернет журнал «Строительство уникальных зданий и сооружений»

4. Шишкин А.Н. (2010) «О проекте федерального закона «О теплоснобжении»»

5. Лагерева Э. А. (2017). «Устройство и расчёт тепловой изоляции централизированных систем теплоснабжения объектов коммунального и производственного назначения», РИО БГУ, Брянск;

6. Горлов Ю. П., Попов К. Н. Большая советская энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1969—1978.

7. Николаев А. А. «Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей», Издательство литературы по строительству, Москва, 1965

8. Соколов Е. Я., Теплофикация и тепловые сети - Государственное Энергетическое Издательство, Москва, Ленинград,; 1963

9. СНиП 2.04.07-86. «Тепловые сети», Минстрой России, Москва 1994

10. Авдолимов Е. М., Шальнов А. П. Водяные тепловые сети. – М.: Стройиздат, 1984.

СНИЖЕНИЕ ИЗНОСА И ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ПЫЛЕПРИГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПРИ РАБОТЕ НА ЭКИБАСТУЗСКОМ УГЛЕ

ЧЕРНЫХ Д. Ю.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
БЕРГУЗИНОВ А. Н.
PhD, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
ОРИШЕВСКАЯ Е. В.
старший преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

Сегодня энергетика сталкивается с рядом многих проблем, несмотря на переход на «зелёную» выработку электроэнергии, угольная генерация остается базовой для крупнейших экономик (Китай, Индия, Казахстан и России). Главным вызовом становится физический износ как пылеприготовительного оборудования, так и остальных участков системы пылеприготовления участвующего в выработки электроэнергии. В контексте работы на Экибастузском угле проблема золового износа является критическим фактором, определяющим «живучесть» всей пылесистемы и котельного агрегата[5].

Экибастузский угольный бассейн является ключевой сырьевой базой для крупнейших ТЭС Казахстана. Однако использование этого топлива связано с серьезными техническими вызовами: Экибастузский уголь характеризуется рекордной зольностью (в среднем 40–50 %) и высоким содержанием кварцевых включений. Это делает угольную пыль крайне абразивной средой, которая при движении в тракте превращается в интенсивный поток, разрушающий металл [1].

Основная проблема заключается в том, что узлы пылеприготовительных установок (ППУ) – молотковые и шаровые мельницы, лопатки сепараторов, гибы пылепроводов и эксгаустеры – работают в условиях постоянного эрозионного износа. Средний срок службы стандартных элементов защиты в таких условиях в

несколько раз ниже, чем при работе на малозольных углях. Это приводит к ряду негативных последствий [2]:

– снижение производительности: износ размольных органов ухудшает качество помола (огрубление пыли), что влечет за собой неполноту сгорания топлива в топке котла;

– экономические потери: частые остановки для замены брони и лопаток увеличивают эксплуатационные расходы и снижают коэффициент использования установленной мощности (КИУМ);

– риски аварийности: истончение стенок пылепроводов создает угрозу присосов воздуха или выброса пыли, что нарушает взрывопожаробезопасность цеха;

В связи с этим, актуальность темы обусловлена необходимостью перехода от стратегии «латочного» ремонта к системному повышению эксплуатационной надежности.

На электрической станции применяются два типа мельниц: валковая среднеходная МВС-195 и молотковая тангенциальная мельница ММТ-2600-2000-590, предназначенные для размола каменного и бурого угля. Эксплуатационные режимы работы данных мельниц строго регламентируются инструкциями по эксплуатации, а также требованиями взрывобезопасности, установленными нормативными документами (ПТЭ и ФНП).

Работа мельницы основана на совмещении процессов размола, сушки и транспортировки топлива [4]:

1 Подача сырья. Сырой уголь вместе с сушильным агентом (горячими дымовыми газами или горячим воздухом) подается через входной патрубок в зону вращения ротора.

2 Размол. В зоне вращения ротора уголь подвергается ударам быстро движущихся бил. Разрушение частиц происходит не только вследствие прямого удара бил по углю, но и в результате соударения частиц между собой, а также их ударов о бронеплиты корпуса мельницы.

3 Сушка. В процессе размола значительно увеличивается площадь соприкосновения угольных частиц с горячим газовым потоком, что способствует интенсивному испарению влаги из топлива.

4 Сепарация. Образующаяся пылевоздушная смесь выносится в сепаратор, расположенный над мельницей. Крупные фракции (возврат) возвращаются обратно в мельницу для дополнительного размола, а мелкодисперсная угольная пыль направляется к горелкам котла.

В процессе эксплуатации выявлены следующие критические узлы и характер их повреждений:

Била и билодержатели для мельниц (ММТ-2600-2000-590)

– характер износа: интенсивное скругление рабочей кромки и истончение тела била;

– последствия: при потере 20–30 % массы била резко снижается окружная скорость частиц, нарушается вентиляционная способность мельницы. Зазор между билом и бронеплитой увеличивается с проектных 15–20 мм до 50–70 мм;

– диагностический показатель: увеличение остатка на сите (огрубление помола), что приводит к выпадению крупных частиц угля в холодную воронку котла и увеличению потерь с механическим недожогом.

Бронефутеровка корпусов мельниц ММТ и МВС

– характер износа: Волнообразный износ (образование «волн» и «канавок») в зоне максимального давления пылегазового потока;

– риски: Протироизнос брони приводит к быстрому (в течение нескольких смен) разрушению основного корпуса мельницы. При толщине брони 40 мм, на Экибастузском угле критический износ наступает через 2500–3000 часов эксплуатации без спецзащиты.

Сепараторы пыли и лопатки направляющего аппарата

– характер износа: Эрозия лопаток сепаратора, особенно в местах их крепления.

– проблема: Износ лопаток нарушает фракционный состав пыли. Слишком крупная пыль идет в горелки, вызывая шлакование ширмовых пароперегревателей и интенсивный износ труб конвективной шахты котла.

Пылепроводы и узлы деления потока

– локализация: наибольший износ наблюдается на внешних радиусах колен (гибов) и в делителях («штанах») пылепроводов.

– критичность: сквозные свищи вызывают выброс угольной пыли в цех, что создает взрывопожароопасную ситуацию и нарушает санитарные нормы труда. Скорость эрозии труб при концентрации пыли > 0,5 кг/кг может достигать 3-5 мм в год.

Проблемы золового износа при использовании экибастузского угля:

Абразивный износ: он обусловлен воздействием твердых остроугольных минеральных частиц (прежде всего кварца), обладающих высокой твердостью и по абразивным свойствам лишь незначительно уступающих алмазу. При скоростях потока

пылевоздушной смеси в пылепроводах свыше 20 м/с такая смесь действует на поверхность оборудования подобно пескоструйному аппарату, вызывая интенсивное разрушение металла.

Эрозионный износ («Проточки»): в пылеприготовительных установках наиболее уязвимыми являются гибы пылепроводов, сепараторы и течки. Из-за центробежных сил поток пыли прижимается к внешней стенке, создавая зоны концентрированного износа. Без специальной защиты это приводит к износу, трещинам, через которые высокотемпературная пылевоздушная смесь выбрасывается в цех, создавая запылённость.

Износ лопаток мельниц-вентиляторов и дымососов. Экибастузский уголь требует большого объема сушильного агента для его просушки и подачи в топочную камеру через пылеугольные горелки, частицы золы и недожога проходя через рабочие колеса тягодутьевых машин «съедают» металл как термиты. Это приводит к:

– дисбалансу роторов (из-за неравномерного износа лопаток), что вызывает критические вибрации и разрушение подшипников;

– снижению КПД установки из-за изменения аэродинамического профиля лопастей.

Влияние на конвективные поверхности нагрева. Хотя пылеугольные установки предназначены для подготовки топлива, последствия золового износа проявляются и на последующих участках котельного агрегата. Слишком грубый помол топлива или неравномерное распределение газового потока в конвективной шахте приводят к интенсивному золовому износу поверхностей нагрева. Особенно сильно данный процесс проявляется на трубах водяных экономайзеров I и II ступеней.

Основные методы борьбы с износом:

Конструктивные решения:

– снижение скорости газов: уменьшение скорости потока дымовых газов в конвективных шахтах (до 6–8 м/с) значительно снижает интенсивность износа, так как он пропорционален кубу скорости;

– оптимизация компоновки: использование котлов с восходящим потоком газов в конвективной шахте помогает уменьшить абразивное воздействие на поверхности нагрева;

– шахматное расположение труб: использование шахматных пучков с малым шагом вместо коридорных снижает загрязнение и локальный износ;

Установка защитных устройств:

– защитные накладки (манжеты): установка металлических уголков, полуцилиндров или планок на трубы в местах наиболее интенсивного воздействия потока;

– перегородки и отбойники: использование золоперепускающих и выравнивающих решеток (баффлов) для перераспределения потока золы и устранения зон с высокой локальной концентрацией частиц.

Нанесение защитных покрытий:

– газотермическое напыление: нанесение износостойких слоев (наплавка или напыление спецсплавов) на наружные поверхности труб для повышения их твердости;

– керамические покрытия: использование специальных составов, устойчивых к эрозии при высоких температурах.

Режимные и технологические меры:

– регулярная очистка: применение сажеобдувки (паром или воздухом), дробеочистки или акустической очистки для удаления отложений, которые могут провоцировать неравномерный износ;

– обогащение угля: применение технологий «сухого обогащения» для снижения исходной зольности топлива перед сжиганием [3].

Выводы. Высокая абразивность летучей золы, обусловленная рекордным содержанием диоксида кремния в Экибастузском угле, превращает процесс пылеприготовления в борьбу с непрерывным золовым износом оборудования. Традиционные конструкционные стали в данных условиях не обеспечивают запланированный межремонтный интервал, что ведет к повышению аварийности и значительным экономическим потерям на внеплановые ремонты.

Для обеспечения надёжной работы пылеприготовительных установок в условиях воздействия указанных факторов необходим комплексный подход к активной защите оборудования. Одним из наиболее эффективных решений является применение износостойких защитных материалов. В частности, широко используются футеровки из базальтового литья, керамических материалов, а также современные износостойкие наплавки. Базальтовое литьё отличается высокой твёрдостью, устойчивостью к абразивному износу и химической стойкостью, что делает его эффективным материалом для защиты внутренних поверхностей трубопроводов, циклонов и других элементов пылеприготовительных систем. Керамические

футеровки также обладают высокой износостойкостью и способны выдерживать интенсивное воздействие твёрдых частиц золы и угольной пыли.

Комплексное применение указанных методов защиты позволяет значительно снизить скорость износа оборудования, увеличить межремонтные интервалы и повысить надёжность работы пылеприготовительных установок в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1 Михайлов Н. М., Толчинский Е. Н. «Повышение надежности и экономичности систем пылеприготовления» // Теплоэнергетика. – 1981. – № 7. – С. 15-19.

2 Г. Т. Левит, Пылеприготовление на тепловых электростанциях // Энергоатомиздат, 1991. – 384 с.

3 Кузнецов Н. В., Рабочие процессы и вопросы усовершенствования конвективных поверхностей котлов // Госэнергоиздат, 1958. – С.124-138.

4 Михайлов Н. М. «Вопросы сушки и размола топлив с высокой абразивностью» // Теплоэнергетика. – 1968. – № 4.

5 Толчинский Е.Н., Киселев П.И. Исследование износа молотковых мельниц при размоле экибастузского угля // Электрические станции. – 1974. – № 10. – С. 22–25.

Секция 2
Автоматтандыру және телекоммуникацияның дамуы
Развитие автоматизации и телекоммуникации

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБОРОТНОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

АНДРЕЕВА О. А.
к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
РАШАТ А. Ж.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ДҮЙСЕМБАЙ А. Қ.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

По объему сброса сточных вод металлургическая отрасль стабильно входит в «пятерку» отраслей-лидеров [1]. Антропогенное воздействие на гидросферные объекты заложены уже в самом характере металлургического производства, а устаревшие технологии и изношенное оборудование резко усугубляют это положение. Использование современных технологий водоочистки, наряду с модернизацией производства, сегодня является для каждого металлургического предприятия важным шагом в реализации природоохранной политики, обеспечении соответствия системы экологического менеджмента, требованиям международных стандартов ИСО 14000, а также способствует формированию благоприятного экологического имиджа предприятий [2]. На данном этапе развития универсального метода очистки загрязненных промышленных вод не существует.

Предприятия металлургии – это основные промышленные потребители воды.

Системы водоочистки и водоподготовки можно отнести к важнейшей составляющей предприятий металлургии, поскольку от качества воды будет напрямую зависеть надежность и эффективность работы имеющегося оборудования. В противном случае появляются накипь, отложения железных окислов, коррозия и другие неприятные явления, которые являются следствием плохой и некачественной водоподготовки в металлургии или ее отсутствии.

Водоподготовка в металлургии требует значительных вложений средств, поскольку вода в металлургической промышленности

используется для охлаждения контактного оборудования. Основным направлением водоподготовки для таких производств является обслуживание оборотных систем водоснабжения. Работа установок осуществляется как для очистки оборотной воды в целом, так и для подпитки. Также вода с высокой степенью очистки необходима для резки металла, а также для обслуживания различных электроэрозионных станков [3].

С помощью оборотного водоснабжения можно решить важнейшие экономические и экологические задачи. К ним относится как значительное сокращение водопотребления промышленного предприятия, снижение потерь ценных компонентов, а также превышение предельно допустимых концентраций и избежание платы за водоотведение.

Большие нормы водопотребления и объемы сбросов в водоемы – результат несовершенства технологических процессов очистки, которые эксплуатирует производство. Однако, высокое количество отходов не является неизбежным, это может быть достигнуто путем создания новых, современных технологических методов. Наиболее важной составной частью перестройки технологических схем на безотходный режим - это сокращение водопотребления, которое в конечном счете направленное на создание безсточного производства.

Для очистки промышленных стоков используют механический способ и реагентную химическую очистку. Также разрабатываются и внедряются безреагентные способы: электрохимический, электроионитовый, применение ионообменных смол, озонирование. В качестве предварительной очистки зачастую пользуются методами механической очистки. В основном эта очистка предназначена для отделения нерастворимых, взвешенных примесей различной крупности. Устройства для механической очистки: решетки, барабанные сетки, отстойники, фильтры, песколовки, нефтеловушки, смоложиромаслоуловители и др. Основным оборудованием механической очистки сточных вод являются отстойники различных принципов действия, отстойные пруды. В настоящее время для механической очистки применяют гидроциклоны, требующие значительно меньших площадей и отличающиеся более высокой производительностью. Очищаемые воды после первичной очистки в зависимости от состава и предъявляемых к ним требований направляют на следующие стадии очистки, такие как: химическая, физико-химическая и биологическая [4].

Значительное сокращение объема воды может быть достигнуто путем усовершенствования системы управления оборудованием.

Для примера рассмотрен технологический процесс предварительной очистки сточных вод.

Производственные стоки по трубопроводу диаметром 1000 мм направляются на предварительную очистку в приемную камеру решеток на две автоматические стержневые решетки. На случай отказа автоматической решетки предусматривается ручная решетка. В приемной камере решеток предусмотрен контроль уровня жидкости до и после решеток с передачей показаний в операторную и сигнализацией максимального и минимального уровня. Включение механизма очистки автоматических решеток производится по максимальной разнице уровней жидкости до решеток и после. При возникновении в двигателе решетки максимальной температуры обмотки срабатывает сигнализация и производится останов двигателя. Решетки предназначаются для извлечения крупных дисперсных включений из сточных вод с механизированной выгрузкой отходов на конвейер и последующей погрузкой в контейнер. Мусор с решеток передается в специализированные организации по обращению с отходами.

Для защиты резервуаров от осаждения мелких частиц, предусмотрено улавливание песка в двух песколовках. Естественное оседание частиц размером более 200 мкм, а также отвод всплывших веществ, происходит в каждой емкости песколовки [5].

После песколовки стоки поступают в приемную камеру производственных стоков второй системы, а песковая пульпа насосами подается на сепаратор песка, откуда песок при помощи шнека отводится в контейнер. Пуск насосов осуществляется по таймеру. Пуск электродвигателя сепаратора песка производится автоматически по факту пуска. Предусмотрен обогрев установок сепарации и обезвоживания песка теплофикационной водой.

Приемная камера производственных стоков второй системы разделена на 2 секции для возможности отключения на период ремонта. В камере предусмотрены измерение и контроль уровня жидкости с передачей показаний в операторную. В приемной камере поддерживается постоянный уровень с помощью электроприводных регуляторов.

Из приемной камеры стоки, после очистки на песколовках, подаются погружными насосами на нефтеловушки. Пуск насосов производится дистанционно, по месту или автоматически (при

АВР) на закрытый затвор; при наборе давления 90 % от рабочего открывается затвор на напорной линии.

Далее стоки поступают в две заглубленные камеры с возможностью их совмещения. После чего из камеры очищенных стоков вода поступает к усреднительным резервуарам.

Параметры камеры очищенных стоков:

– Максимальный входной расход от 0 до 960 м^3/ч.

– Давление на выходе из насосов варьируется от 0 до 1 МПа.

– Уровень в камере измеряется от 0 до 7050 мм.

– Размеры камеры: длина 9000 мм, ширина 6000 мм, глубина 7050 мм.

– Объем камеры равен 380,7 м^3.

В камере подразумевается выбор режимов работы насосов. Один насос обозначается как резервный, два других обозначаются как основные (рабочие). Резервный включается после того, как один из рабочих насосов останавливается по одной из блокировок (возможные блокировки: уровень в камере, пять температурных блокировок для каждого насоса, давление, отсутствие датчика конечного положения открытия задвижки.). Основные насосы включаются по мере наполнения камеры. Первый, основной, включается на уровне жидкости 1,4 м. Выключение первого насоса осуществляется на уровне в один метр. Второй основной насос включится по достижению уровня 5,8 м. Выключается на уровне 4 м. На каждом насосе установлены датчики, которые блокируют работу насоса в зависимости от показаний своих параметров. Три температуры обмоток (первой, второй, третей) соответственно, две температуры подшипников (передний и задний), блокировки по значению давления, 10 секунд с дается насосу после запуска на набор давления до параметра 0,05 МПа, также 10 секунд дается насосу на восстановление давления после просадки, если просадка по давлению длится более 10 секунд насос останавливается, после происходит закрытие задвижки. Регулятор на выходе общего коллектора нужен для поддержания уровня в камере, по средствам открытия/закрытия задвижки.

Проблема автоматического регулирования уровня очищенных стоков.

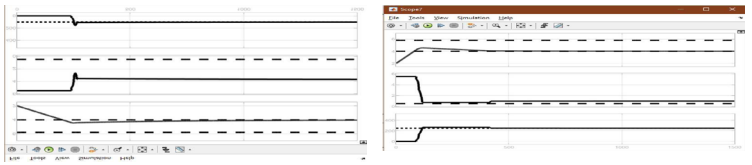
Существующие методы регулирования технологических процессов являются очень предопределенными и учитывают ограниченное количество показателей. Самыми популярными средствами регулирования технологического процесса в

определенных пределах являются регуляторы (релейные, ПИ-регуляторы, ПИД-регуляторы, системы каскадного регулирования) [5-6]. Каждый тип регуляторов имеет свои недостатки, от большого разброса разностей уставки и фактического значения параметра, до высокой квалификации работника, требуемой для грамотной отладки регулятора.

В большом количестве случаев во время проектирования нового технологического процесса в проект добавляются регуляторы, которые в момент ввода проекта в эксплуатацию из-за физической связи параметров не взаимодействуют с процессом как было запланировано. В связи с этим на момент пусконаладочных работ следует выявлять проблемы с регулированием. В частности, возникают проблемы взаимодействия распределенной системы управления и системы противоаварийной защиты.

В рассматриваемой системе присутствует зависимость таких параметров как давление жидкости на выходе из насоса и сопротивление движению жидкости в линии.

Рассмотрим систему, в которой входной расход меньше, чем способен выкачать один насос. На рисунке 1,а показан график работы системы при низком входном расходе. Настройки ПИ-регулятора системы Кр =800, Ки=1,5.



а) б)

Рисунок 1 – График работы системы: а - при низком входном расходе; б – при изменении входного расхода до 250 м^3 в час

На первом графике видно, что входной расход меньше, чем способен откачать один рабочий насос, входной расход 200 м^3 в час. Уровень в камере поддерживается на заданной оператором уставке в четыре метра. При этом отрабатывает ПИ-регулятор. На нижнем графике рисунка 1,а представлен график давления в системе и уставка блокировки насоса. Значение давления не пересекает значение уставки таким образом блокировка насоса не осуществляется, но можем наблюдать что при открытии регулятора присутствует просадка давления. Далее изучим данный участок

графика, в момент, когда работают два насоса, для этого стоит увеличить входной расход системы.

Рассмотрим систему с другими параметрами внешнего воздействия. Входной расход системы изменим с 200 до 250 м^3 в час (рисунок 1,б).

После изменения входного параметра расхода не наблюдаем важных изменений в системе, поскольку все еще работает только один рабочий насос. Стоит увеличить расход до момента включения второго рабочего насоса. Повысим входной расход до отметки в 400 м^3 в час (рисунок 2).

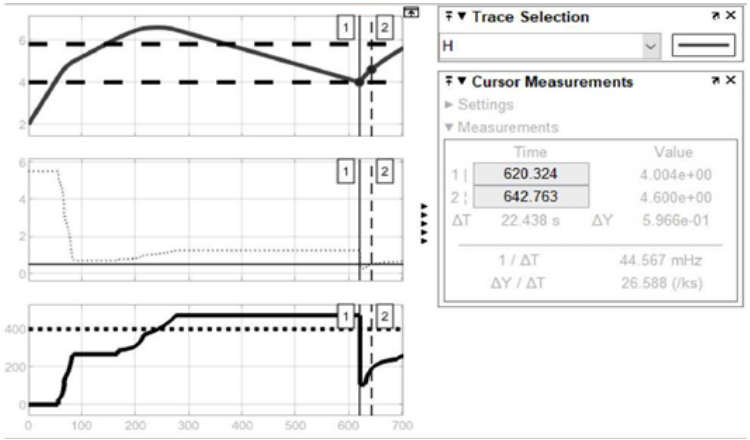


Рисунок 2 – Переходный процесс камеры очищенных стоков

Время просадки давления рабочего насоса составляет 22,4 с, система воспринимает эту просадку как неспособность насоса поддерживать давление (аварийное состояние насоса). Сигнал на останов насоса произойдет моментально по истечению времени в 10 секунд по просадке давления. После чего последует сигнал на закрытие задвижки, время движения которой 90 с. Параллельно с сигналом аварийного останова первого рабочего насоса последует включение резервного, но задвижка первого основного еще не закрыта, система также имеет еще один выход с меньшим сопротивлением. Пуск резервного насоса происходит на закрытую задвижку, через 10 секунд пройдет команда на открытие задвижки резервного насоса, задвижка первого основного еще закрывается,

что влечет за собой останов резервного насоса по падению давления (рисунок 3).

На рисунке 3 на первом графике изображен уровень жидкости в камере и его изменения. Синим цветом показана уставка отключения второго рабочего насоса. На втором графике изображено изменение значения давления в общем коллекторе. Обрисована аварийная уставка на падение давления, время нахождения графика давления ниже этой уставки более 20 секунд. Третий график обозначает параметр открытия задвижки на выходе из второго рабочего насоса. Время закрытия задвижки несопоставимо велико по сравнению с таймером срабатывания системы противоаварийной защиты. Задвижка не может закрыться быстрее, вследствие чего получена аварийная ситуация. Четвертый график отображает параметр работы второго насоса. Включение и отключение которого осуществляется по достижению определенного уровня в камере.

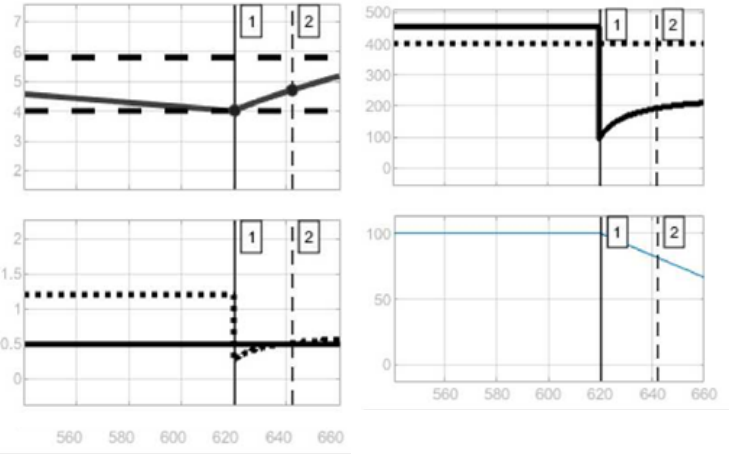


Рисунок 3 – График ложного срабатывания противоаварийной защиты

Анализ графиков показал, что рассмотренная система управления требует модернизации алгоритма работы блока автоматического ввода резерва путём введения предиктивного управления [6-7]. Его применение позволит сформировать более устойчивую и адаптивных систему управления, отвечающую современным требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ю. Р. Петькова, Е.А. Будник. Обзор способов очистки вод металлургической отрасли /Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов / Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017.- С.71-74

2 Методы очистки сточных вод // https://acs-nnov.ru/ochystka-stochnyh-vod.html (дата обращения: 25.02.2026).

3 Новикова А.Е.,Руина К.С Современные методы очистки воды // Вестник науки. – 2021. – №1. м С. 148.

4 Simulink // mathworks URL: https://www.mathworks.com/products /matlab.html (дата обращения: 25.02.2026).

5 Simulink // mathworks URL: https://www.mathworks.com/help/ simulink /index.html?s_tid=hc_panel (дата обращения: 25.02.2026).

6 Simulink – Examples // mathworks URL: https://www.mathworks. com/help /simulink/examples.html?s_tid=CRUX_topnav (дата обращения: 25.02.2026).

7 Simulink – Functions // mathworks URL: https://www.mathworks. com/help /simulink /referencelist.html?type=function&catego ry=index&s_ tid=CRUX_topnav (дата обращения: 25.02.2026).

ФИБРОЦЕМЕНТТІ ПАНЕЛЬДЕРДІ ЛАМИНАТТАУ ПРОЦЕСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

ЖАМАНГАРИН Д. С.
PhD докторы, қауымд. профессор, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.
САГЫНДИКОВА А. Г.
магистрант, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.

Инженерлік материалдардың дамуында композициялық материалдардың маңызы зор. Солардың ішінде фиброцемент негізіндегі материалдар жоғары беріктігімен, салыстырмалы жеңілдігімен және атмосфералық әсерлерге төзімділігімен ерекшеленеді. Осы қасиеттеріне байланысты фиброцементті панельдер қасбеттік жүйелерді жобалауда және әртүрлі құрылыс конструкцияларында кеңінен қолданылады [1].

Фиброцемент материалдарының құрылымы цементтік матрица мен талшықты арматураның комбинациясынан тұрады. Bentur және Mindess еңбектерінде талшықпен күшейтілген цементтік композиттердің құрылымы мен беріктік қасиеттері жан-жақты зерттелген [2]. Сонымен қатар кейінгі зерттеулерде фиброцемент композиттерінің ұзақ мерзімділігі, ылғалға төзімділігі және эксплуатациялық сипаттамалары талданған. Мысалы, Van Zijl жұмыстарында фиброцемент материалдарының беріктігі мен ұзақ мерзімді тұрақтылығы қарастырылған [3].

Дегенмен ғылыми әдебиеттерді талдау көптеген зерттеулердің негізінен материалдың құрылымдық және механикалық қасиеттеріне бағытталғанын көрсетеді. Ал өндірістік процестердің технологиялық параметрлерін оңтайландыру мәселесі жеткілікті деңгейде қарастырылмаған. Әсіресе фиброцементті панельдерді ламинаттау процесінде температура, қысым және желі жылдамдығы сияқты факторлардың дұрыс таңдалмауы өнім сапасының төмендеуіне және өндірістік шығындардың артуына әкелуі мүмкін. Өндірістік процестерді тиімді басқару үшін математикалық модельдеу және статистикалық талдау әдістері кеңінен қолданылады. Солардың бірі – Response Surface Methodology. Бұл әдіс бірнеше технологиялық факторлардың жауап функциясына әсерін зерттеуге және олардың өзара байланысын анықтауға мүмкіндік береді [4,5]. Сонымен қатар RSM әдісі материалдар технологиясында және өндірістік процестерді оңтайландыруда кеңінен қолданылып келеді [6]. Соңғы зерттеулерде бұл әдіс әртүрлі композиттік материалдарды өңдеу процестерін тиімді басқаруға мүмкіндік беретіні көрсетілген [7,8].

Бұл зерттеуде фиброцементті панельдерді ламинаттау процесінің негізгі технологиялық параметрлері қарастырылды. Негізгі факторлар ретінде температура T, қысым P және желі жылдамдығы таңдалды. Бұл параметрлер панель сапасына тікелей әсер ететін негізгі басқарылатын факторлар болып табылады.

Зерттеу барысында факторлардың келесі диапазондары қарастырылды:

Кесте 1 – Ламинаттау процесінің технологиялық параметрлері және олардың диапазондары

Параметр	Диапазон
Температура	180-220°C
Қысым	1.5–2.5 бар
Жылдамдық	10–14 м/мин

Технологиялық факторлардың әсерін зерттеу үшін Response Surface Methodology әдісі қолданылды. Бұл әдісте жауап функциясы екінші ретті полином арқылы сипатталады:

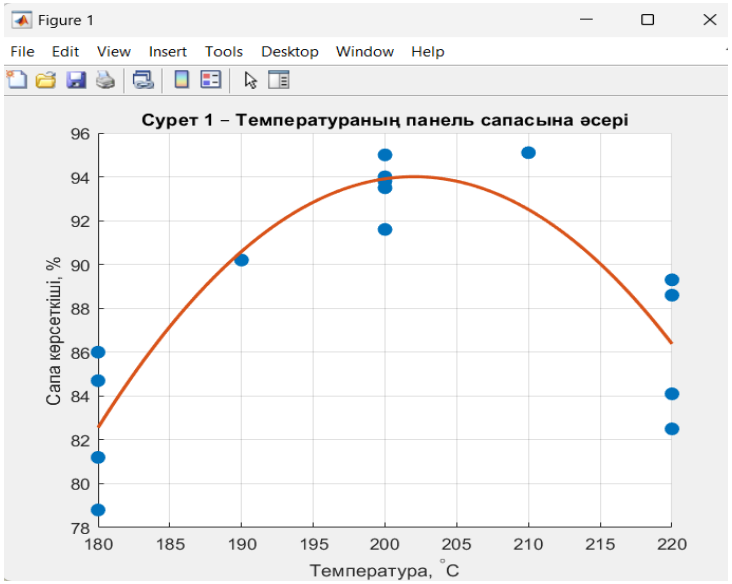
$$Q = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 P + \beta_3 \vartheta + \beta_{12} TP + \beta_{13} T\vartheta + \beta_{23}$$

1-формула – Екінші ретті регрессиялық теңдеу

мұнда
Q – сапа көрсеткіші,
T – температура,
P – қысым,
υ – желі жылдамдығы,
β_i – регрессиялық коэффициенттер.

Эксперименттік деректерді өңдеу және жауап бетінің модельдерін құру MATLAB бағдарламалық ортасында жүзеге асырылды.

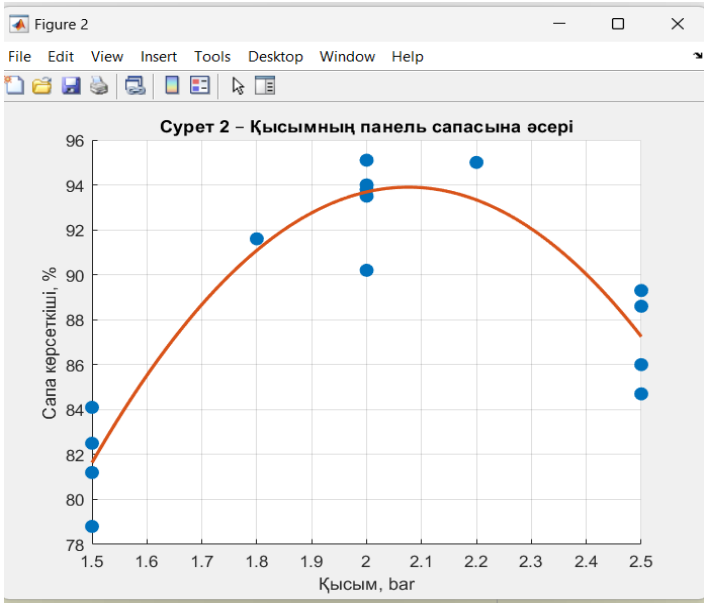
Зерттеу нәтижелері технологиялық параметрлердің панель сапасына айтарлықтай әсер ететінін көрсетті.



Сурет 1 – Температураның панель сапасына әсері

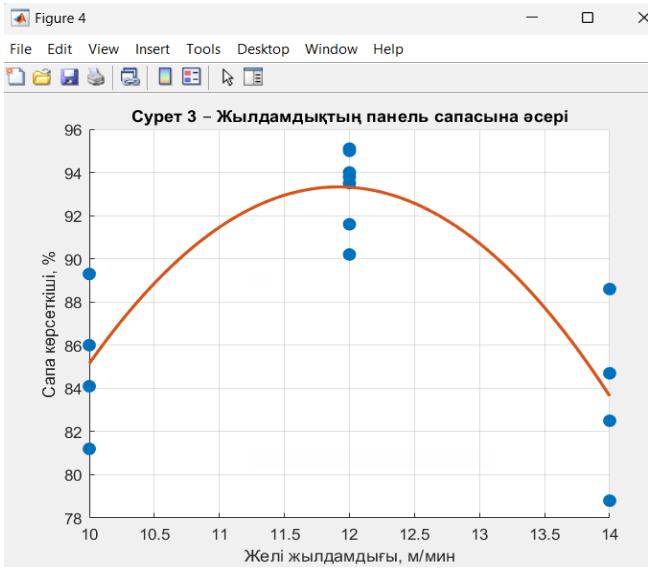
Температураның панель сапасына әсері 1- суретте көрсетілген. Температураның 180 °C-тан 200–205 °C-қа дейін өсуі панель сапасының артуына алып келетіні байқалады. Температураның одан әрі жоғарылауы панель сапасының төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Қысымның панель сапасына әсері 2 - суретте көрсетілген. Қысымның 150 кПа (1.5 бар) -дан 210–230 кПа (2.1–2.3 бар)-ға дейін өсуі панель сапасының жақсаруына алып келеді.



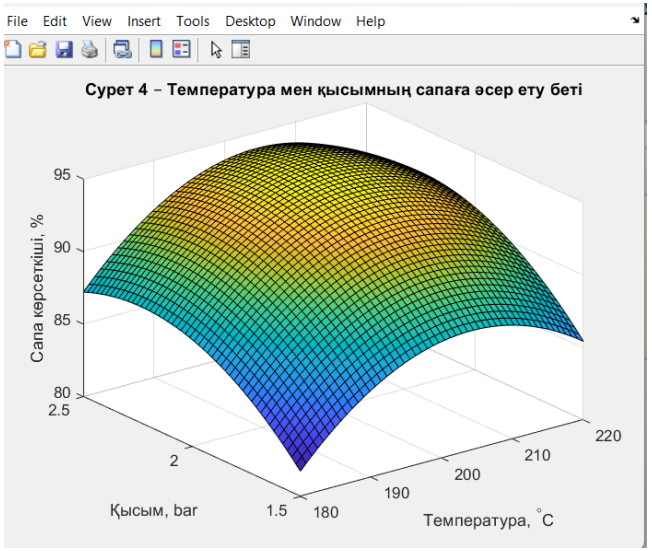
Сурет 2– Қысымның панель сапасына әсері

Желі жылдамдығының әсері 3 - суретте көрсетілген. Жылдамдықтың шамамен 0.2 м/с (12 м/мин) мәнінде панель сапасының ең жоғары деңгейі байқалады.



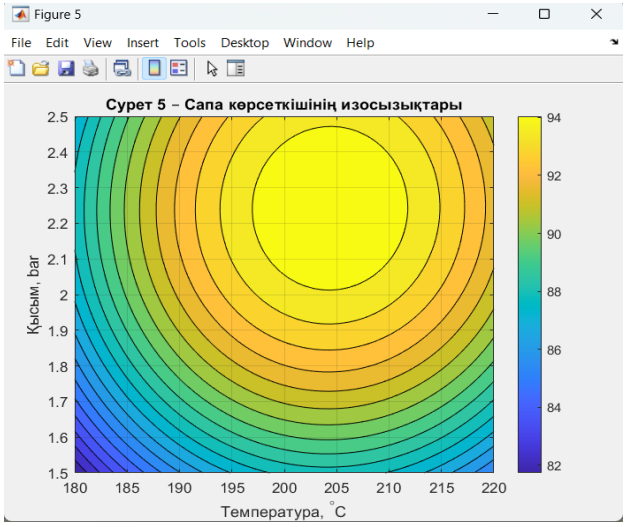
Сурет 3 – Жылдамдықтың панель сапасына әсері

Температура мен қысымның бірлескен әсері RSM жауап бетінде көрсетілген (4-сурет). Бұл график панель сапасының ең жоғары мәндері температураның 200–205 °C және қысымның 210–230 кПа (2.1–2.3 бар) диапазонында орналасқанын көрсетеді.



Сурет 4 – Температура мен қысымның сапаға әсер ету беті

Изосызықтық карта (5-сурет) сапа көрсеткішінің таралуын көрсетеді және оптималды жұмыс аймағын анықтауға мүмкіндік береді.



Сурет 5 – Сапа көрсеткішінің изосызықтары

Алынған нәтижелер фиброцементті панельдерді ламинаттау процесінде температура, қысым және желі жылдамдығы негізгі технологиялық факторлар екенін көрсетті. Бұл факторлар панель сапасына жеке әсер етіп қана қоймай, олардың өзара байланысы да процестің тиімділігіне ықпал етеді.

Температураның 200–205 °C диапазонында болуы ламинат қабатының панель бетімен жақсы адгезия түзуіне мүмкіндік береді. Қысымның белгілі бір деңгейге дейін артуы панель мен ламинат қабатының тығыз жанасуын қамтамасыз етеді.

Желі жылдамдығы да маңызды рөл атқарады. Жылдамдықтың шамадан тыс жоғары болуы панельдің ламинаттау аймағында жеткілікті уақыт болмауына байланысты жабын сапасының төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Жауап беті және изосызықтық карта технологиялық параметрлердің оптималды аймағын анықтауға мүмкіндік берді. Бұл нәтижелер RSM әдісінің өндірістік процестерді талдау және оңтайландырудағы тиімділігін растайды. Әдебиеттерде көрсетілгендей, көп факторлы жүйелерді зерттеуде RSM әдісі сенімді және дәл нәтижелер береді [6–8].

Осы тұрғыдан алғанда, алынған нәтижелер фиброцементті панельдерді өндіру технологиясын жетілдіруде және өндірістік параметрлерді автоматтандырылған басқару жүйелерінде қолдануға мүмкіндік береді.

Бұл жұмыста фиброцементті панельдерді ламинаттау процесінің негізгі технологиялық параметрлерінің панель сапасына әсері зерттелді. Зерттеу барысында температура, қысым және желі жылдамдығы панель сапасына әсер ететін негізгі факторлар екені анықталды.

Response Surface Methodology әдісін қолдану технологиялық факторлардың өзара байланысын анықтауға және процестің тиімді жұмыс аймағын белгілеуге мүмкіндік берді. Зерттеу нәтижелері бойынша панель сапасының ең жоғары мәндері температураның 200–205 °C, қысымның 210–230 кПа (2.1–2.3 бар) және желі жылдамдығының шамамен 0.2 м/с (12 м/мин) диапазонында байқалды.

Алынған нәтижелер фиброцементті панельдерді өндіру желілерінің технологиялық параметрлерін ғылыми негізде таңдауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар ұсынылған тәсіл өндірістік процестердің тиімділігін арттыруға, энергия шығындарын азайтуға және өнім сапасының тұрақтылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Практикалық тұрғыдан алғанда, алынған нәтижелерді өндірістік желілерде енгізу автоматтандырылған басқару жүйелерін жетілдіруге және технологиялық процестерді интеллектуалды басқару алгоритмдерін әзірлеуге негіз бола алады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Taylor H.F.W. Cement chemistry. – London: Thomas Telford, 1997. – 459 p.

2 Bentur A., Mindess S. Fibre reinforced cementitious composites. – Boca Raton: CRC Press, 2006. – 601 p.

3 Van Zijl G. Durability of fibre cement composites // Materials and Structures. – 2018. – Vol. 51. – P. 1–12.

4 Montgomery D.C. Design and analysis of experiments. – 9th ed. – New York: Wiley, 2019.

5 Myers R., Montgomery D., Anderson-Cook C. Response surface methodology. – Wiley, 2016.

6 Bezerra M.A., Santelli R.E., Oliveira E.P., Villar L.S., Escaleira L.A. Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry // Talanta. – 2008. – Vol. 76. – P. 965–977.

7 Ferreira S.L.C., Bruns R.E., Ferreira H.S., et al. Box-Behnken design: An alternative for the optimization of analytical methods // Analytica Chimica Acta. – 2007. – Vol. 597. – P. 179–186.

8 Myers R.H., Montgomery D.C., Anderson-Cook C.M. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments. – 4th ed. – Wiley, 2016.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,4 КВ (НА ПРИМЕРЕ ТОО «ГОРЭЛЕКТРОСЕТЬ», Г. ЭКИБАСТУЗ)

КИСЛОВ А. П.
к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
СУЛТАНОВ М. Е.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Современное развитие электроэнергетической отрасли характеризуется активным внедрением цифровых технологий и автоматизированных систем управления. Одной из ключевых

задач энергетических предприятий является обеспечение точного и надежного учета потребления электроэнергии.

Коммерческий учет электроэнергии представляет собой систему измерения и регистрации объемов потребленной электроэнергии с целью осуществления финансовых расчетов между поставщиками и потребителями электрической энергии. Эффективность функционирования системы учета напрямую влияет на экономические показатели энергетических предприятий.

В распределительных электрических сетях напряжением 0,4 кВ, обеспечивающих электроснабжение бытовых и малых коммерческих потребителей, проблема точности учета электроэнергии является особенно актуальной. Это связано с высокой протяженностью сетей, большим количеством абонентов и наличием значительных коммерческих потерь.

Одним из наиболее эффективных способов повышения точности и надежности учета электроэнергии является внедрение автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ). Такие системы обеспечивают дистанционный сбор, передачу и обработку данных о потреблении электроэнергии, что позволяет значительно повысить эффективность управления распределительными электрическими сетями.

Анализ существующих методов учета электроэнергии

Системы учета электроэнергии можно условно разделить на традиционные и автоматизированные.

Традиционные методы учета

Традиционный способ учета электроэнергии основан на использовании электромеханических или электронных счетчиков, показания которых снимаются вручную сотрудниками энергоснабжающей организации.

Основными недостатками данного метода являются:

– необходимость регулярного обхода потребителей;

– высокая трудоемкость процесса;

– вероятность ошибок при снятии и передаче показаний;

– невозможность оперативного получения информации о потреблении электроэнергии;

– ограниченные возможности анализа данных.

Кроме того, использование традиционных методов учета затрудняет выявление фактов несанкционированного подключения к электрическим сетям.

Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии

Автоматизированные системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) представляют собой комплекс технических и программных средств, предназначенных для автоматического сбора, передачи, хранения и обработки данных о потреблении электрической энергии.

Основными элементами АСКУЭ являются:

1) интеллектуальные приборы учета электроэнергии;

2) устройства сбора и передачи данных;

3) каналы связи;

4) серверное оборудование;

5) программное обеспечение для обработки и анализа информации.

Использование автоматизированных систем позволяет получать данные о потреблении электроэнергии в режиме реального времени и значительно повышает эффективность контроля за энергопотреблением.

Средства автоматизации учета электроэнергии и интеллектуальные приборы учета

Современные цифровые счетчики электроэнергии обладают расширенными функциональными возможностями. Они способны не только измерять объем потребленной электроэнергии, но и передавать данные в автоматизированные системы учета.

Основными функциями интеллектуальных счетчиков являются:

– дистанционная передача данных;

– фиксация параметров качества электроэнергии;

– регистрация событий в электрической сети;

– защита от несанкционированного вмешательства.

Использование интеллектуальных счетчиков является основой построения современных систем автоматизированного учета.

Каналы передачи данных

Для передачи информации в системах АСКУЭ используются различные технологии связи, включая:

– PLC-технологии (передача данных по силовым линиям);

– GSM/GPRS связь;

– радиоканалы передачи данных;

– проводные каналы связи.

Выбор технологии передачи данных зависит от особенностей электрической сети и количества подключенных потребителей.

Особенности учета электроэнергии в сетях 0,4 кВ

Распределительные сети напряжением 0,4 кВ характеризуются рядом особенностей, влияющих на организацию учета электроэнергии.

К основным особенностям относятся:

– большое количество потребителей;

– значительная протяженность распределительных линий;

– высокий уровень коммерческих потерь электроэнергии;

– наличие устаревших приборов учета.

В таких условиях использование автоматизированных систем учета позволяет значительно повысить эффективность управления энергопотреблением.

Применение автоматизации учета на примере ТОО «Горэлектросеть»

ТОО «Горэлектросеть» г. Экибастуз осуществляет эксплуатацию распределительных электрических сетей, обеспечивающих электроснабжение населения и предприятий города.

Одной из актуальных задач предприятия является повышение эффективности коммерческого учета электроэнергии и снижение потерь в электрических сетях.

Внедрение автоматизированных систем учета электроэнергии на предприятии позволяет решить следующие задачи:

– повышение точности учета электроэнергии;

– снижение уровня коммерческих потерь;

– оперативное выявление несанкционированных подключений;

– снижение трудозатрат персонала;

– повышение эффективности управления электрическими сетями.

Использование современных технологий автоматизации учета также способствует повышению надежности функционирования распределительных электрических сетей.

Перспективы развития систем автоматизированного учета

В настоящее время развитие систем учета электроэнергии связано с внедрением концепции интеллектуальных электрических сетей (Smart Grid).

Основными направлениями развития являются:

– использование интеллектуальных счетчиков нового поколения;

– интеграция систем учета с автоматизированными системами управления сетями;

– применение технологий анализа больших данных;

– внедрение систем прогнозирования энергопотребления.

Развитие данных технологий позволит значительно повысить эффективность управления энергетическими системами.

Автоматизация коммерческого учета электроэнергии является важным направлением модернизации распределительных электрических сетей.

Использование автоматизированных систем учета позволяет повысить точность измерений, снизить уровень коммерческих потерь электроэнергии и обеспечить оперативный контроль за энергопотреблением.

На примере ТОО «Горэлектросеть» г. Экибастуз показано, что внедрение современных средств автоматизации учета электроэнергии является эффективным инструментом повышения надежности и эффективности функционирования электрических сетей напряжением 0,4 кВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 25 февраля 2015 года № 143. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 6 марта 2015 года № 10403. «Об утверждении Правил пользования электрической энергией»

2.В.А. Веников, А.А. Глазунов, Л.А. Жуков, Л.А. Солдаткина. Электрические системы т.2. Электрические сети. Под редакцией В.А. Веникова. Учебн. пособие для электрэнерг. вузов. М., «Высш. школа» 1971. 440 с.

3. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений/ Б.И. Кудрин. - 2-е изд. - М.: Интермет Инжиниринг, 2006. -672 с

4. Ahmad, T. (2017). Non-technical loss analysis and prevention using smart meters. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 72, 573-589.

5. IEC 62056-1-0:2014 Electricity metering data exchange - The DLMS/COSEM suite -Part 1-0: Smart metering standardisation framework, IDT.

АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ЭВОЛЮЦИЯСЫ: КЛАССИКАЛЫҚ ШЕШІМДЕРДЕН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ САНДЫҚ ПЛАТФОРМАЛАРҒА ДЕЙІН

ҚАРАҚОЖА А. С.
магистрант, Торайгыров университеті, Павлодар қ.
РАХИМБЕРДИНОВА Д. М.
профессор, доктор PhD, Торайгыров университеті, Павлодар қ.

Автоматтандыру қазіргі заманғы өнеркәсіп пен техникалық прогрестің негізгі қозғаушы күштерінің бірі болып табылады. Ол алғашқы механикалық реттегіштер мен қарапайым электромеханикалық құрылғылардан бастап, бүгінгі күні интеллектуалды басқару жүйелеріне дейін ұзақ және күрделі эволюциялық жолдан өтті. Бұл процесс тек техникалық құралдардың жетілуімен шектелмей, сонымен қатар басқару алгоритмдерінің, бағдарламалық қамтамасыз етудің және жүйелерді интеграциялаудың дамуына да байланысты болды [1; 4].

Қазіргі кезеңде автоматтандырылған жүйелер тек жеке құрылғылар жиынтығы ғана емес, олар күрделі цифрлық экожүйенің құрамдас бөлігіне айналды. Бұл өзгеріс микроэлектрониканың, есептеу техникасының, телекоммуникациялық технологиялардың және үлкен деректерді өңдеу әдістерінің дамуына байланысты жүзеге асты.

Зерттеудің негізгі мақсаты – автоматтандырылған жүйелердің тарихи даму кезеңдерін жан-жақты талдау және олардың интеллектуалды сандық платформаларға трансформациялану үрдісін айқындау. Бұл мақсатқа жету үшін зерттеу барысында жүйелердің аналогтық және сандық кезеңдердегі эволюциясы, телекоммуникациялық технологиялармен интеграциясы, сондай-ақ қазіргі интеллектуалды платформалардың құрылымы мен функционалды мүмкіндіктері қарастырылады.

Зерттеудің нәтижелері автоматтандырылған жүйелердің қазіргі даму тенденцияларын түсінуге, өндірістік және телекоммуникациялық салалардағы цифрлық трансформация үрдісін бағалауға және болашақта интеллектуалды автоматтандыру жүйелерін жобалауға ғылыми негіз жасауға мүмкіндік береді [6; 8].

1. Классикалық автоматтандыру кезеңі

Автоматтандырудың алғашқы кезеңі өнеркәсіптік революциямен байланысты. Бұл кезеңде басқару процестері механикалық құрылғылар арқылы жүзеге асырылды. Центробеждік

реттегіштер бу машиналарында жылдамдықты тұрақтандыру үшін қолданылды. Мұндай құрылғылар басқару теориясының практикалық бастамасы болды. Кейін электрлік және релейлік жүйелер пайда болды. Релейлік схемалар логикалық басқару алгоритмдерін жүзеге асыруға мүмкіндік берді. Алайда олардың құрылымы күрделі және қайта конфигурациялау қиын болды [3].

Автоматтандыруды дамытудың классикалық кезеңі машина жасау өндірісі мен басқарудың ғылыми негіздерінің қалыптасу кезеңін қамтиды, шамамен XVIII ғасырдың аяғынан XX ғасырдың ортасына дейін. Осы уақытта механизмдерді қарапайым пайдаланудан берілген жұмыс параметрлерін дербес қолдауға қабілетті жүйелерді құруға көшу қалыптасуда. Дәл сол кезде автоматтандыру тек техникалық жетілдіру ретінде ғана емес, сонымен қатар тәуелсіз ғылыми бағыт ретінде қарастырыла бастайды [1].

Тарихи тұрғыдан алғанда, бұл кезең басталған өнеркәсіптік революциямен тығыз байланысты Ұлыбритания. Машиналарды жаппай енгізу өндіріс процестерін түбегейлі өзгертті. Бу машинасын жетілдіру Джеймс Уатт жабдықтың тұрақты жұмысын қамтамасыз етуге және еңбек өнімділігін арттыруға мүмкіндік берді [2]. Алайда, осы кезеңдегі автоматтандыру жүйелердің толық тәуелсіздігін әлі болжам жасамағанын атап өткен жөн — адам механизмдерді бақылау мен конфигурациялауда шешуші рөл атқара берді.

Қозғалтқыштың тұрақты айналуын автоматты түрде қолдайтын орталықтан тепкіш жылдамдық реттегішін қолдану маңызды жетістік болды. Осы құрылғыларда жүзеге асырылған кері байланыс принципі автоматты басқару теориясын одан әрі дамытудың негізі болды [3]. Бұл қарапайым механикаландыруды нақты автоматтандырудан (автордың тұжырымдамасы) бөлген кері байланыстың пайда болуы деп айтуға болады.

XX ғасырдың бірінші жартысында эмпирикалық шешімдерден басқару процестерінің ғылыми негіздемесіне көшу бар. Динамикалық жүйелерді талдаудың математикалық әдістері қалыптасады, басқарудың тұрақтылығы мен оңтайлылығы принциптері жасалады [4]. Еңбектері теориялық негіздердің дамуына үлкен әсер етті Норберт Винер, кибернетиканың басқару және ақпарат беру ғылымы ретінде негізін қалаған [5].

Классикалық кезең негізінен механикалық және электромеханикалық құрылғыларды: реле, реттегіштер, аналогтық құрылғыларды қолданумен сипатталатынын атап өткен жөн.

Қазіргі цифрлық түрдегі бағдарламалық басқару әлі жоқ. Осыған қарамастан, дәл осы кезеңде негізгі ұғымдар қалыптасты — жүйе, басқару алгоритмі, тұрақтылық, реттеу.

Осылайша, автоматтандыруды дамытудың классикалық кезеңі кейіннен цифрлық және интеллектуалды технологияларға көшудің негізі болды. Ол заманауи автоматтандыру мен робототехниканың негізін құра отырып, техникалық өнертабыстар мен ғылыми теорияларды біріктірді (1-сурет).

2. Аналогтық және сандық басқару жүйелерінің дамуы

Автоматтандырылған басқару жүйелерінің бастапқы кезеңі аналогтық жүйелермен сипатталады, олардың басты ерекшелігі — үдерістерді үздіксіз сигналдар арқылы басқару мүмкіндігі және ПИД-регуляторларды кеңінен қолдану арқылы процестің дәлдігін арттыруы [4]. ПИД-регуляторлар пропорционалды, интегралдық және дифференциалдық құрамдастардың үйлесімі арқылы өндірістік процестердің тұрақтылығын жақсартып, жүйенің басқару сапасын айтарлықтай жоғарылатты. Дегенмен, аналогтық жүйелер уақыт өте келе шуға сезімталдыққа, параметрлердің тұрақсыздығына және конфигурацияның икемділігінің шектеулі болуына байланысты шектеулерге тап болды, бұл олардың кең ауқымды өндірісте қолданылуын шектеді [4].

Микропроцессорлық техниканың дамуы сандық басқару жүйелерінің қалыптасуына жол ашты. Бағдарламаланатын логикалық контроллерлер (PLC) өндірістік процестерді автоматтандыруда маңызды рөл атқарып, басқарудың икемділігін едәуір арттырды. PLC жүйелері бағдарламалық икемділік, автоматтандырылған диагностика, деректерді архивтеу және желілік интеграция мүмкіндіктерін қамтамасыз етті, бұл өндіріс процестерін тиімді бақылауға және басқаруға мүмкіндік берді [8].

Сонымен қатар, таралған басқару жүйелері (DCS) күрделі өндірістік объектілерді орталықтандырылған басқаруға мүмкіндік беріп, көп компонентті өндіріс процестерін тиімді үйлестіруді қамтамасыз етті. DCS жүйелері ірі энергетикалық, мұнай-газ және химиялық кешендерде әсіресе маңызды болып, өндіріс қауіпсіздігі мен тиімділігін арттыруда шешуші рөл атқарды [5].

Осылайша, аналогтық жүйелерден сандық және таралған басқару жүйелеріне өту автоматтандыру деңгейін едәуір жоғарылатып, өндірістік процестердің сенімділігін, икемділігін және деректерді өңдеу қабілетін жаңа сапалық деңгейге көтерді. Қазіргі уақытта бұл эволюция Industry 4.0 және интеллектуалды

автоматтандырылған жүйелердің қалыптасуына негіз қалайды [6; 7; 8].

3. Автоматтандыру мен телекоммуникацияның интеграциясы

XXI ғасырда автоматтандырылған басқару жүйелері телекоммуникациялық технологиялармен тығыз интеграцияға түсті, бұл өндірістік процестерді басқаруда жаңа мүмкіндіктер ашты. Өнеркәсіптік Ethernet, оптикалық байланыс желілері және сымсыз коммуникациялар басқару жүйелерінің функционалдығын едәуір кеңейтті, деректерді нақты уақыт режимінде алмасуға және қашықтықтан бақылауға мүмкіндік берді [9]. Желілік интеграция бірнеше негізгі артықшылықты қамтамасыз етті: орталықтандырылған диспетчерлік бақылау, көпдеңгейлі иерархиялық басқару, жүйелер арасындағы сенімді байланыс және өндірістік процестерді тиімді үйлестіру. Дегенмен, желілердің ашықтығы киберқауіпсіздік мәселелерін өзекті етті. Сыртқы шабуылдар мен деректердің бұзылу ықтималдығы басқару жүйелерін осал етеді, сондықтан әртүрлі қорғаныс механизмдерін енгізу және ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету маңызды міндетке айналды [6; 8].

Автоматтандыру мен телекоммуникацияны интеграциялау өндіріс пен энергетика саласында ғана емес, сондай-ақ транспорт, қалалық инфрақұрылым және телекоммуникациялық жүйелерде де автоматтандыру тиімділігін арттыруға мүмкіндік берді. Мұндай интеграция нәтижесінде құрылымдық және функционалдық икемділікті қамтамасыз ететін кешенді басқару жүйелері қалыптасты, олар Industry 4.0 талаптарына сай интеллектуалды платформаларға айналуға дайын болып отыр [6; 7].



Сурет 1 – Автоматтандыру эволюциясының кезеңдері

4. Интеллектуалды жүйелер және IoT технологиялары

Қазіргі кезеңде автоматтандырудың дамуы интеллектуалды жүйелер мен Интернет заттар (IoT) технологияларының интеграциясымен тығыз байланысты. Егер дәстүрлі автоматтандырылған жүйелер алдын ала берілген алгоритм бойынша жұмыс істесе, интеллектуалды жүйелер деректерді талдау негізінде бейімделген шешім қабылдай алады. Мұндай жүйелердің пайда болуы өндірістік процестерді басқарудың жаңа парадигмасын қалыптастырды.

Интеллектуалды жүйе – бұл деректерді жинау, талдау және өңдеу негізінде өз әрекетін өзгерте алатын автоматтандырылған басқару жүйесі. Зерттеулерде атап көрсетілгендей, «интеллектуалды өндірістік жүйелер нақты уақыт режимінде деректерді өңдеу арқылы бейімделген басқаруды қамтамасыз етеді» [1]. Бұл олардың күрделі және өзгермелі өндірістік ортада тиімді жұмыс істеуіне мүмкіндік береді.

IoT технологиялары интеллектуалды жүйелердің негізгі инфрақұрылымдық базасын құрайды. Интернет заттар – бұл сенсорлар, атқарушы механизмдер және құрылғылар

арасындағы желілік байланыс жүйесі. Ғылыми әдебиеттерде «IoT инфрақұрылымы физикалық объектілерден деректерді үздіксіз жинап, оларды талдау жүйелеріне жеткізеді» деп көрсетіледі [2].

IoT технологиялары нақты уақыт режимінде мониторинг жүргізуге мүмкіндік береді. Бұл, әсіресе, өндірістік жабдықтың күйін бақылауда маңызды. Зерттеулерде «өнеркәсіптік IoT интеллектуалды басқару жүйелерінің негізін құрайды және предиктивті талдауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді» деп көрсетілген [3].

Мысалы, өндірістік желіде орнатылған сенсорлар температура, қысым және жүктеме параметрлерін тіркейді. Бұл деректер бұлттық платформаға жіберіліп, машиналық оқыту алгоритмдері арқылы өңделеді. Егер жүйе қалыпты режимнен ауытқуды анықтаса, басқару алгоритмі автоматты түрде түзетіледі. Мұндай тәсіл «жүйенің тұрақтылығын арттырып, өндірістік тәуекелдерді азайтады» [4].

Сонымен қатар IoT негізіндегі интеллектуалды жүйелердің дамуы киберфизикалық жүйелердің қалыптасуына алып келді. Киберфизикалық жүйелер физикалық объектілер мен цифрлық модельдердің үздіксіз өзара әрекетіне негізделеді. Мұндай құрылымдар Industry 4.0 тұжырымдамасының негізгі элементі болып табылады [5].

5. Автоматтандырылған жүйелердің даму перспективалары

Автоматтандырылған басқару жүйелерінің даму перспективалары заманауи цифрлық технологияларды кеңінен енгізумен және ақпаратты өңдеудің интеллектуалдық әдістерін дамытумен тығыз байланысты. Экономиканың цифрлық трансформациясы жағдайында физикалық өндірістік процестерді цифрлық ақпараттық технологиялармен және есептеу ресурстарымен біріктіруге мүмкіндік беретін кибер-физикалық жүйелерді интеграциялау ерекше маңызға ие болып отыр [6].

Маңызды бағыттардың бірі – үлкен көлемдегі деректерді талдауға, жабдықтардың жұмысындағы ықтимал ауытқуларды болжауға және басқару шешімдерін автоматты түрде қалыптастыруға мүмкіндік беретін жасанды интеллект пен машиналық оқыту технологияларын кеңінен қолдану болып табылады [7]. Интеллектуалдық алгоритмдерді пайдалану күрделі техникалық жүйелерді басқарудың тиімділігін арттыруға және адам факторына тәуелділікті азайтуға мүмкіндік береді.

Автоматтандырылған жүйелердің дамуына заттар интернеті (IoT) технологиясы да үлкен әсер етеді. Бұл технология көптеген

құрылғыларды, датчиктерді және атқарушы механизмдерді біртұтас ақпараттық желіге біріктіруге мүмкіндік береді. Соның нәтижесінде технологиялық процестерді үздіксіз бақылау және жүйе параметрлеріндегі өзгерістерге жедел әрекет ету мүмкіндігі пайда болады [6].

Сонымен қатар бұлттық және үлестірілген есептеу технологиялары да белсенді түрде дамып келеді. Олар автоматтандырылған жүйелердің есептеу мүмкіндіктерін арттыруға және жүйелердің масштабталу икемділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді [8]. Сонымен бірге ақпараттық қауіпсіздік пен деректерді қорғау мәселелеріне ерекше назар аударылады, себебі қазіргі автоматтандырылған жүйелер цифрлық инфрақұрылымның әртүрлі элементтері арасында үздіксіз ақпарат алмасу жағдайында жұмыс істейді.

Осылайша, автоматтандырылған жүйелердің әрі қарайғы дамуы цифрлық экономика жағдайында тиімді жұмыс істей алатын, интеллектуалды, бейімделгіш және жоғары сенімді басқару жүйелерін құруға бағытталатын болады [6; 8].

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Волков В.А. История развития автоматизации производства. – М.: Машиностроение, 2010. – 256с.

2 Куликов Б.П. Промышленная революция и развитие техники. – СПб.: Питер, 2008. – 320 с.

3 Болтянский В.Г. Теория автоматического управления: Учебник. – М.: Физматлит, 2005. – 368 с.

4 Сидоров А.П. Промышленные системы управления. – СПб.: Питер, 2017.

5 Колосов О. С. Технические средства автоматизации и управления. – Москва: Юрайт, 2020. — 331 с.

6 Gilchrist A. Industry 4.0: The Industrial Internet of Things. –New York: Apress, 2016. – 259 p.

7 Radziwill N. Quality 4.0: Let’s Get Digital – The Many Ways the Fourth Industrial Revolution Is Reshaping Quality. – 2018.

8 Ustundag A., Cevikcan E. Industry 4.0: Managing the Digital Transformation. – Cham: Springer, 2018. – 286 p.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

НАУРЫЗБАЙ Р. М.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ЯРОСЛАВЦЕВ М. В.
ассоц. профессор (доцент), Торайгыров университет, г. Павлодар

1 Развитие автоматизации и предпосылки применения искусственного интеллекта

Развитие промышленного производства тесно связано с совершенствованием систем управления технологическими процессами. На ранних этапах развития промышленности управление оборудованием осуществлялось непосредственно оператором. Такой способ управления требовал постоянного контроля параметров технологического процесса и высокой квалификации обслуживающего персонала. Однако по мере усложнения технологических процессов и увеличения объёмов производства возникла необходимость внедрения автоматизации, позволяющей повысить эффективность и стабильность производственных процессов [1].

Автоматизация технологических процессов представляет собой совокупность методов и технических средств, предназначенных для управления производственным оборудованием без непосредственного участия человека или при его минимальном участии. Основными задачами автоматизации являются повышение производительности труда, улучшение качества продукции, обеспечение безопасности производства и снижение эксплуатационных затрат [2].

С развитием вычислительной техники и средств измерения стали активно внедряться автоматизированные системы управления технологическими процессами. Применение программируемых логических контроллеров, современных датчиков и цифровых систем обработки данных позволило значительно повысить точность регулирования технологических параметров и обеспечить более эффективный контроль производственных процессов.

Несмотря на значительное развитие систем автоматизации, традиционные системы управления имеют определённые ограничения. Большинство таких систем функционирует на основе заранее заданных алгоритмов и не способно самостоятельно

адаптироваться к изменяющимся условиям технологического процесса. При возникновении нестандартных ситуаций или отклонений параметров часто требуется вмешательство оператора.

В последние годы одним из перспективных направлений развития автоматизации является использование методов искусственного интеллекта. Интеллектуальные системы управления способны анализировать большие объёмы данных, выявлять закономерности в работе технологических процессов и принимать решения на основе полученной информации. Использование алгоритмов машинного обучения, нейронных сетей и методов нечеткой логики позволяет значительно повысить эффективность управления сложными технологическими объектами [3].

Таким образом, развитие автоматизации и информационных технологий создало предпосылки для внедрения интеллектуальных систем управления, которые способны обеспечить более высокий уровень эффективности и надежности функционирования промышленных предприятий.



Рисунок 1 – Этапы развития систем управления

2. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами

Интеллектуальные системы управления представляют собой современное направление развития автоматизированных систем управления технологическими процессами. В отличие от традиционных систем автоматического регулирования, интеллектуальные системы используют методы искусственного интеллекта для анализа информации и принятия управляющих решений. Это позволяет повысить точность управления и обеспечить

адаптацию системы к изменяющимся условиям технологического процесса [4].

Основу интеллектуальных систем управления составляет обработка большого объема технологических данных, поступающих от различных измерительных приборов и датчиков. Такие данные могут включать параметры температуры, давления, уровня, расхода, плотности и других технологических показателей. Данные от датчиков поступают в систему PLC/SCADA, где они регистрируются, фильтруются и подготавливаются для анализа. Далее обработанные данные передаются в интеллектуальный модуль, использующий алгоритмы AI, машинного обучения и методы нечеткой логики для прогнозирования, выявления закономерностей и формирования управляющих сигналов.

Одним из ключевых элементов интеллектуальных систем управления является применение методов машинного обучения. Эти методы позволяют анализировать накопленные данные о работе технологического оборудования и выявлять закономерности, которые могут быть использованы для оптимизации режимов работы системы. Нейронные сети способны прогнозировать изменение параметров технологического процесса и формировать управляющие сигналы с учетом возможных отклонений [5].

Кроме того, в интеллектуальных системах управления широко применяются методы нечеткой логики. Использование нечеткой логики позволяет моделировать процессы принятия решений, которые в традиционных системах управления выполняются оператором. Это особенно важно при управлении сложными технологическими процессами, где невозможно точно описать все возможные режимы работы оборудования.

Интеллектуальные системы управления находят применение во многих отраслях промышленности, включая металлургию, химическую промышленность, энергетику и нефтегазовую отрасль. Использование интеллектуальных алгоритмов позволяет повысить эффективность работы оборудования, снизить вероятность аварийных ситуаций и улучшить качество управления технологическими процессами.

Таким образом, интеллектуальная система управления состоит из нескольких взаимосвязанных уровней: сбор данных с датчиков, первичная обработка и регистрация в PLC/SCADA, глубокий анализ и прогнозирование в интеллектуальном модуле, формирование управляющих сигналов и их реализация через исполнительные

механизмы. Такой подход объединяет традиционную автоматизацию и современные методы искусственного интеллекта в единую эффективную систему управления технологическим процессом.



Рисунок 2 – Структура интеллектуальной системы управления

3 Перспективы применения интеллектуальных систем управления

В условиях развития современной промышленности особое значение приобретает внедрение интеллектуальных технологий в системы автоматизации. Использование методов искусственного интеллекта позволяет значительно повысить эффективность управления технологическими процессами и обеспечить более высокий уровень надежности производственного оборудования.

Одним из основных преимуществ интеллектуальных систем управления является возможность анализа больших объемов технологических данных. Современные системы способны обрабатывать информацию, поступающую от большого количества датчиков и интеллектуальных устройств IoT, что позволяет оперативно выявлять отклонения параметров технологического процесса и принимать соответствующие управляющие решения.

Важным направлением развития интеллектуальных систем управления является использование технологий промышленного интернета вещей. Применение сетей датчиков и интеллектуальных устройств позволяет осуществлять удаленный мониторинг технологических процессов и обеспечивать централизованное управление производственным оборудованием [6].

Кроме того, перспективным направлением развития автоматизации является использование цифровых двойников технологических объектов. Цифровой двойник представляет собой виртуальную модель оборудования или технологического процесса, которая позволяет анализировать его работу, прогнозировать возможные неисправности и оптимизировать режимы функционирования системы.

Использование интеллектуальных технологий также способствует повышению энергоэффективности производства. Оптимизация режимов работы оборудования позволяет снизить энергопотребление и уменьшить эксплуатационные затраты. Внедрение интеллектуальных систем управления способствует повышению безопасности производственных процессов и снижению вероятности возникновения аварийных ситуаций.

Таким образом, дальнейшее развитие интеллектуальных систем управления будет связано с интеграцией технологий искусственного интеллекта, промышленного интернета вещей и цифровых двойников. Использование данных технологий позволит создать более гибкие и эффективные системы управления технологическими процессами и обеспечить устойчивое развитие промышленного производства.



Рисунок 3 – Архитектура интеллектуальной промышленной системы

ЛИТЕРАТУРА

1 Плетнев Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств. – М.: Высшая школа, 2019. – С. 45–52.

2 Клюев А. С. Автоматизация производственных процессов. – М.: Машиностроение, 2018. – С. 61–70.

3 Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. – М.: Вильямс, 2021. – С. 120–128.

4 Гаврилов А. Н. Интеллектуальные системы управления. – М.: Академия, 2020. – 288. – С. 73–80.

5 Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press, 2016. – 800 p. – P. 98–105 [на англ. яз.].

6 Lee J., Bagheri B., Kao H. A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-based Manufacturing Systems // Manufacturing Letters. – 2015. – Vol. 3. – P. 18–23 [на англ. яз.].

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

СТУПАК А. В., ВОЛЬМАН Д. С., ДҮЙСЕМБАЙ А. Қ.
магистранты, Торайгыров университет, г. Павлодар
АНДРЕЕВА О. А.
к.т.н., профессор, кафедра «Электротехника и автоматизация», Торайгыров университет, г. Павлодар

1. История и эволюция концепции цифровых двойников

Идея цифрового двойника сегодня воспринимается как естественная часть промышленной цифровизации, однако её формирование заняло несколько десятилетий. Первоначально концепция возникла в рамках управления жизненным циклом продукта, когда Майкл Гривс в 2002 году предложил модель «зеркальных пространств»: физический объект, виртуальная модель и непрерывный информационный поток между ними образовывали систему, в которой виртуальное пространство отражало реальное, а данные позволяли предсказывать поведение изделия. Как отмечается в работе NASA, инженеры создавали виртуальные аналоги космических аппаратов, которые позволяли «предсказывать поведение реальной системы и отслеживать возможные отклонения во время миссии» [5]. Появление таких «зеркальных систем» стало отправной точкой для дальнейшего развития идеи, которая позже получила современное название – Digital Twin.

Революционный этап начался с распространением технологий Интернета вещей, удешевлением датчиков и ростом возможностей облачных вычислений. Именно это позволило создать системы, в которых данные с оборудования поступают в цифровую модель в реальном времени. Авторы одной обзорной статьи подчёркивают:

«переход к Industry 4.0 дал цифровым двойникам вторую жизнь, превратив их из концепции в инструмент оперативного управления» [2]. Благодаря этому предприятия смогли использовать цифровые модели не только для проектирования или анализа, но и для принятия практических решений, связанных с автоматизацией и оптимизацией производственных процессов. Эволюция концепции цифровых двойников показана рисунке 1.

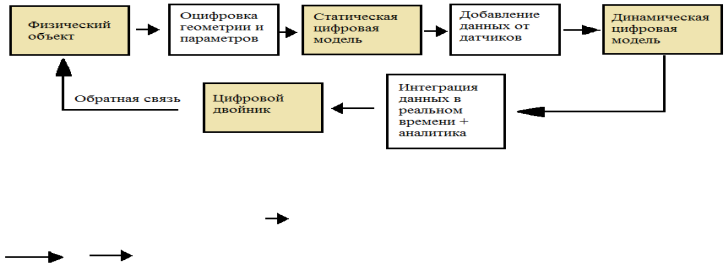


Рисунок 1 – Эволюция концепции цифрового двойника

Параллельно росла потребность в более интеллектуальных и адаптивных системах. Это привело к интеграции цифровых двойников с методами машинного обучения и анализа больших данных. Например, в одной из работ отмечается, что «современный цифровой двойник способен не только копировать состояние объекта, но и предсказывать его будущие изменения на основе данных и обучаемых моделей» [6]. Такая функциональность вывела цифровые двойники на новый уровень и превратила их из обычной цифровой копии в активный инструмент поддержки решений.

2. Применение цифровых двойников в автоматизации промышленных процессов

Цифровые двойники сегодня активно внедряются в различные отрасли промышленности, от машиностроения до энергетики и строительной автоматизации. Основная ценность технологии заключается в возможности мониторинга, анализа и прогнозирования состояния оборудования в реальном времени, что обеспечивает более точное управление производственными процессами. Как подчёркивают исследователи, «цифровой двойник существует только тогда, когда установлена непрерывная связь данных между

физическим и виртуальным объектом» [1]. Без этой связи модель теряет актуальность, а эффективность управления существенно снижается. Основные области применения цифровых двойников показаны на рисунке 3.

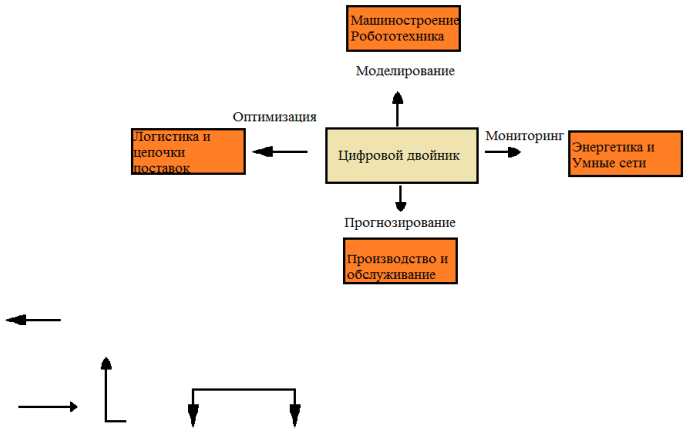


Рисунок 2 – Области применения цифровых двойников

В машиностроении цифровые двойники позволяют моделировать сложные процессы сборки и эксплуатации оборудования, выявлять узкие места и оптимизировать последовательность операций. Исследователи отмечают, что «инфраструктуры IoT обеспечили основу мониторинга в реальном времени, на которой базируются цифровые двойники» [2]. Благодаря этому предприятия могут прогнозировать износ деталей, планировать техническое обслуживание и предотвращать простои, что экономически выгодно и повышает надежность производства.

Применение цифровых двойников в энергетике и строительной автоматизации также демонстрирует высокую эффективность. Современные модели объединяют физические симуляции с алгоритмами обработки данных: «цифровые двойники интегрируют физические модели с моделями на основе данных для предсказания поведения системы» [6]. Например, на крупных производственных объектах цифровые двойники используются для контроля энергопотребления, управления вентиляционными и отопительными системами, а также

для анализа нагрузки на сети, что снижает риски аварий и повышает энергоэффективность.

Кроме прямого контроля оборудования, цифровые двойники используются для оптимизации производственных процессов, анализа «что если» и поддержки решений. Их внедрение позволяет предприятиям экспериментировать с новыми сценариями работы без риска для физического производства, а также обучать персонал на виртуальных моделях перед реальной эксплуатацией оборудования. В долгосрочной перспективе цифровые двойники создают условия для полной автоматизации управления производственными процессами, обеспечивая интеграцию с системами предиктивного обслуживания, планирования ресурсов и интеллектуального анализа данных.

3. Преимущества внедрения цифровых двойников

Внедрение цифровых двойников в промышленные системы автоматизации даёт предприятиям ряд значимых преимуществ, которые затрагивают как экономические, так и технические аспекты производства. Одним из ключевых эффектов является снижение затрат и производственных рисков за счёт возможности предварительного анализа и тестирования управленческих решений в виртуальной среде. «Цифровой двойник позволяет моделировать различные сценарии работы оборудования и процессов без вмешательства в реальную систему, что уменьшает вероятность ошибок и дорогостоящих сбоев» [1]. Преимущества применения цифровых двойников показано на рисунке 4.

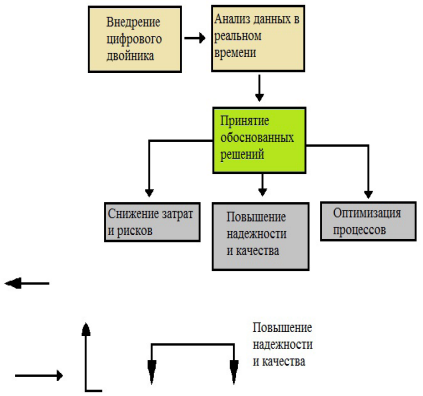


Рисунок 3 – Ключевые преимущества внедрения цифровых двойников

Снижение затрат также достигается за счёт более эффективного использования ресурсов и оптимизации технического обслуживания. Переход к предиктивным стратегиям, основанным на данных цифрового двойника, позволяет отказаться от избыточных регламентных работ и сосредоточиться на тех элементах системы, которые действительно требуют внимания. Как отмечается в исследованиях, «такой подход способствует сокращению простоев оборудования и снижению расходов на ремонт, одновременно повышая общую эффективность производственных процессов» [6]. Дополнительно, цифровые двойники позволяют на этапе проектирования выявлять элементы системы, ограничивающие её эффективность или устойчивость, что способствует снижению рисков при запуске новых производственных линий.

В целом, преимущества внедрения цифровых двойников проявляются в комплексном повышении эффективности промышленных систем. Сочетание снижения затрат, роста надёжности и качества продукции, а также возможности оптимизации процессов в реальном времени делает цифровые двойники одним из наиболее перспективных инструментов цифровой трансформации промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Яо Дж. Ф., Чжан Л., Ли М. Систематический обзор технологии цифровых двойников и областей применения. Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art, 2023. (№ 1). – 20 с.

2 Майер А., Шмидт Т., Беккер Л. Цифровые двойники, расширенная реальность и искусственный интеллект при перестройке производства: систематический обзор литературы. Sustainability, 2025. (№ 5). art. 2318. – 20 с.

3 Ганешкумар С., Рави К., Сингх П. Технология цифровых двойников для мониторинга состояния инструментов: обзор недавних исследований Journal of Advanced Mechanical Sciences, 2023. (№ 2). – 62 с.

4 Чжан Дж., Цзян С. Цифровой двойник для устойчивого развития в автоматизации зданий. Engineering, Construction and Architectural Management, 2024. (№ 3). – 229 с.

5 Дж. Викерс Цифровые двойники - имитация жизни, Дж. Викерс. - NASA Technical Reports Server, 2022. – 22 с.

6 Керкени Р., Алими А., Бен Салем М. Неподконтрольное обучение и цифровой двойник для прогностического обслуживания в индустрии 4.0. Journal of Electrical and Computer Engineering, 2025. (№ 4). – 128 с.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНОЙ РУДЫ

ТОҚТАР Н. А.
докторант, стр. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар
АНДРЕВА О. А.
к.т.н, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
АКИШЕВ К. М.
ассоц. профессор, Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана

Горнорудная промышленность Казахстана обеспечивает значительную долю экспорта и ВВП страны. Однако отрасль сталкивается с проблемами устаревших технологий и высоких эксплуатационных затрат. Традиционные методы управления на базе ПИД-регуляторов не способны учитывать нестационарность процессов и изменение физико-химических свойств пульпы. Внедрение концепции Индустрии 4.0 требует создания интеллектуальных систем, способных работать в режиме реального времени. Целью данной работы является разработка ПАК, обеспечивающих автоматизацию и оптимизацию рудоподготовки и обогащения на базе глубокого обучения и сенсорного фьюжена.

Нурказганская обогатительная фабрика (НОФ) мощностью 4 млн тонн в год перерабатывает медно-сульфидную руду (халькопирит, пирит). Предпроектное обследование выявило, что за первое полугодие 2025 года произошло 504 аварийные остановки конвейера, общее время простоя превысило 54 часа. Внедрение ПАК позволит стабилизировать реагентный режим и минимизировать простои.

В статье представлены результаты разработки и испытаний трех программно-аппаратных комплексов (ПАК) на базе искусственного интеллекта (ИИ), предназначенных для цифровизации горно-обогатительных предприятий Казахстана. Рассматриваются технические решения для видеоаналитики флотации, радарного контроля бункеров и потоковой сортировки руды. Особое внимание уделено архитектуре нейронных сетей (YOLOv11, EfficientNetV2, LSTM) и интеграции с NVIDIA Triton Inference Server. Экономическая

эффективность подтверждена данными обследования Нурказганской обогатительной фабрики.

Анализ более 40 международных публикаций за 2020–2025 гг., индексируемых в Scopus, показал переход к гибридным моделям управления (PINNs), объединяющим физические законы и алгоритмы ML [2, с. 110283]. Выявлено «белое пятно» в существующих системах: отсутствие интеграции гиперспектральных данных (HSI) и низкая интерпретируемость моделей. Проведенные патентные исследования за 30-летний период (базы Google Patents, Espacenet, Казпатент) подтвердили актуальность разработки и отсутствие блокирующих патентов по выбранным направлениям.

Для реализации задачи сегментации пузырьков флотационной пены в режиме реального времени была выбрана новейшая архитектура YOLOv11s-seg. Данная модель обеспечивает одновременное детектирование объектов и построение масок сегментации, что критично для определения морфометрических параметров пены. Выбор этой архитектуры обусловлен её способностью эффективно работать в условиях промышленного цеха, характеризующегося нестабильным освещением, наличием пыли и пара.

Разработка и обучение модели велись в среде PyTorch 2.3 с использованием библиотеки Ultralytics. Для повышения обобщающей способности нейросети и её устойчивости к наложениям пузырей друг на друга был применен комплекс методов аугментации данных (data augmentation):

а) Mosaic augmentation: комбинирование нескольких изображений в один кадр для обучения распознаванию объектов в разном масштабе и окружении;

б) RandomPerspective: случайные перспективные преобразования для имитации различных углов наклона камер;

в) ColorJitter: вариации цветопередачи и яркости для адаптации к изменениям освещенности над флотомашинами.

В процессе обучения в качестве математического аппарата использовался оптимизатор AdamW и специализированная функция потерь CIoU Loss (Complete Intersection over Union). Применение CIoU Loss позволяет более точно корректировать ограничивающие рамки (bounding boxes), учитывая не только наложение, но и расстояние между центрами объектов, а также соотношение сторон, что значительно повышает точность сегментации мелких пузырьков. Для дообучения на неразмещенных данных был задействован механизм pseudo-labeling и multi-scale inference.

Эффективность обученной модели подтверждается динамикой метрик качества, полученных в ходе испытаний. Ключевыми показателями стали:

а) Точность (Precision) и Полнота (Recall): модель продемонстрировала высокую стабильность в обнаружении как крупных, так и сверхмелких пузырьков, что важно для расчета распределения по размерам.

б) Инференс и производительность: после оптимизации модели библиотекой TensorRT 10.0 и развертывания на NVIDIA Triton Inference Server, производительность выросла на 60–70%.

в) Численная стабильность: валидация модели в среде ONNX Runtime подтвердила отсутствие ошибок при обработке динамических форм входных данных и корректность структуры графа вычислений.

Параллельно с YOLOv11 в конвейере обработки используется архитектура EfficientNetV2 в режиме «feature extractor» [8, с. 1], которая оценивает индивидуальные физико-визуальные характеристики каждого сегментированного пузыря: диаметр, яркость и коэффициент округлости [8, с. 4]. Комбинация этих данных с рекуррентными сетями LSTM позволяет предсказывать будущие значения стабильности пенного слоя, учитывая временную инерционность процесса флотации [4, с. 124402]. На рисунке 1 представлено сравнение оригинального кадра и результатов сегментации пузырей флотационной пены с помощью нейросетевой модели YOLOv11n-seg.

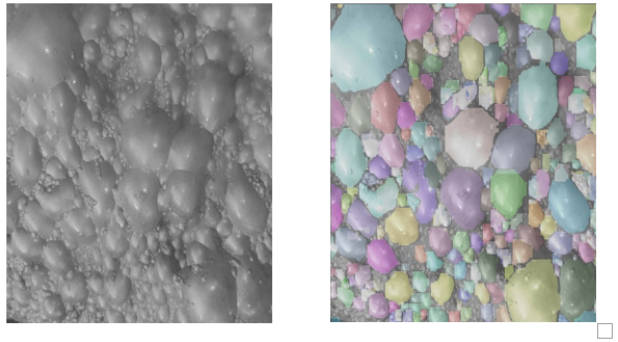


Рисунок 1 – Сравнение оригинального кадра и результатов сегментации пузырей флотационной пены с помощью нейросетевой модели YOLOv11n-seg

Аппаратный модуль включает сеть из 24 IP-камер Full HD (IP67) с ИК-подсветкой до 20 м. На рисунке 2 показаны метрики качества обучения нейросетевой модели компьютерного зрения.

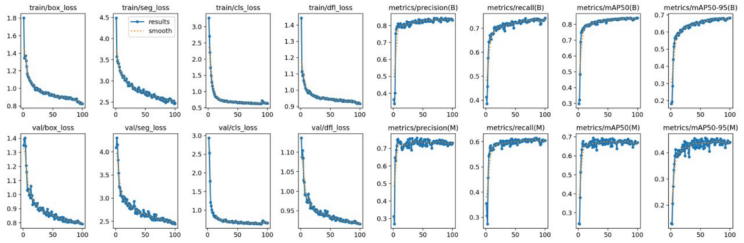


Рисунок 2 — Метрики качества обучения нейросетевой модели компьютерного зрения

Для детектирования используется модель YOLOv11 для сегментации пузырей в реальном времени, обеспечивающая устойчивость к изменениям освещенности.

Алгоритм Deep SORT в связке с фильтром Калмана и венгерским алгоритмом (Hungarian matching) позволяет отслеживать динамику каждого пузыря, исключая ошибки при перекрытиях.

Модель EfficientNetV2 в режиме feature extractor извлекает дескрипторы: диаметр, площадь, яркость и коэффициент округлости.

Нейронные сети LSTM и Temporal Transformer предсказывают будущие показатели стабильности пены и извлечения, учитывая инерционность процесса.

В бункерах предлагается использовать систему 64-лучевого детектирования. Прототип программно-аппаратного комплекса предназначен для непрерывного бесконтактного мониторинга остатков рудных материалов в боковых частях промышленных бункеров горно-обогатительных предприятий. Система решает критическую проблему «мертвых зон», которые не контролируются традиционными одноточечными измерителями уровня, работающими только вдоль центральной оси бункера. Используя 64-лучевую радарную технологию, комплекс создает трехмерную карту распределения материала по всему объему бункера, обеспечивая точный учет остатков руды, предотвращение затаривания и своевременное выявление явлений налипания, сводообразования и пр. Это позволяет потенциально снизить фактические потери полезных ископаемых на 5-8%, сократить

простои оборудования на 15-20% и повысить достоверность данных для систем технологического учета и управления запасами, обеспечивая переход к концепции Индустрии 4.0 на предприятиях горной добычи. На рисунке 3 представлен массив направлений измерительных лучей, вид сбоку (А) и вид сверху (Б).

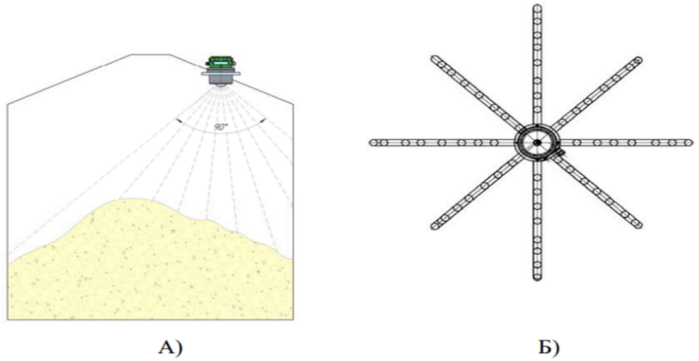
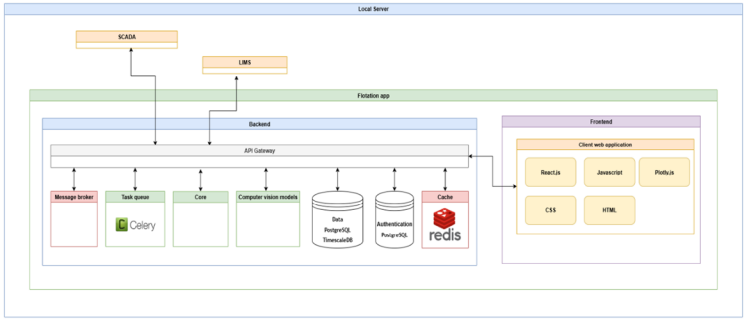


Рисунок 3 – Массив направлений измерительных лучей, вид сбоку и вид сверху

Существующие одноточечные измерители уровня дают погрешность до 10–15% из-за «мертвых зон». Разработанный ПАК на базе радарного уровнемера УЛМ-3D-64 (80 ГГц) использует 64 независимых измерительных канала. Прибор строит трехмерную карту распределения материала, выявляя налипания и сводообразования. Испытания на макете 1:2 подтвердили точность 96,8 % и время отклика менее 0,8 с.

Комплекс автоматической сортировки руды и защиты оборудования предназначен для онлайн-анализа рудопотока без остановки конвейера. На рисунке 4 показана структура системы.



1 - приемный бункер, 2 - питатель, 3 - раскладчик, 4 - блок рентгеновский, 5 - механизм исполнительный, 6 - приемный бункер (течка) концентрата,7 - приемный бункер (течка) хвостов, 8 - металлодетектор для поиска не дробимых элементов, 9 - электромагнит для удаления не дробимых элементов

Рисунок 4 – Структура программного обеспечения ПАК

Рентгенофлуоресцентный (XRF) анализатор: определяет элементный состав и содержание меди в кусках руды. Электромагнитная защита: рамка-детектор обнаруживает ферромагнитные недробимые элементы (болты, футеровка), после чего уловитель автоматически удаляет их, защищая дробилки Metso GP-500S и HP-500. [7, с. 105870]. Алгоритм сортировки: вычисляет время достижения бункера и переключает электрозадвижки между питателями для отделения богатой руды от пустой породы.

Ожидаемые результаты внедрения ПАК на предприятиях РК включают:

а) Рост извлечения меди на 1,5–3% (до 5–7% в абсолютном значении при полной оптимизации).

б) Повышение производительности фабрики на 15–20% за счет исключения аварийных остановок.

в) Снижение удельного энергопотребления на 6–8% и оптимизация расхода реагентов.

Таким образом, разработанные программно-аппаратные комплексы соответствуют передовому мировому уровню НИР. Интеграция методов глубокого обучения (CNN, LSTM) с промышленными протоколами OPC UA и системами SCADA/LIMS создает замкнутый цикл адаптивного управления. Это позволяет

минимизировать влияние человеческого фактора и повысить конкурентоспособность горнорудной отрасли Казахстана.

ЛИТЕРАТУРА

1 Zhou X., He Y. Deep Ensemble Learning Based Sensor for Flotation Froth Image Recognition // Sensors. – 2024. – Vol. 24(15). – P. 5048.

2 Chen X. et al. Recent advances in flotation froth image analysis via deep learning // Engineering Applications of AI. – 2025. – Vol. 134. – P. 110283.

3 Norlund F. et al. Linear Quadratic Level Control for Flotation through Reinforcement Learning // IFAC-PapersOnLine. – 2024. – Vol. 58(14). – P. 256–261.

4 Zheng J. et al. Sample efficient RL with knowledge based model for froth flotation // Expert Systems with Applications. – 2024. – Vol. 252. – P. 124402.

5 Chen Y. A froth velocity measurement method based on improved U-Net++ semantic segmentation // International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials. – 2024. – Vol. 31. – P. 112–120.

6 Oleynik T. et al. Online ore monitoring using EDXRF method on process conveyor belts // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 166. – P. 02005.

7 Robben C. et al. X-ray-transmission based ore sorting at the San Rafael tin mine // Minerals Engineering. – 2020. – Vol. 145. – P. 105870.

8 Tan M., Le Q. EfficientNetV2: Smaller Models and Faster Training // arXiv preprint arXiv:2104.00298. – 2021. – [на англ. яз.].

Физика-математикалық және компьютерлік ғылымдары
Физико-математические и компьютерные науки

Секция 3
Қазіргі замандағы физиканың дамуы
Развитие физики в современном мире

КОМПОЗИТТЕР МЕН МОНОКРИСТАЛДАРДЫҢ ТОЛҚЫНДЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН МАТРИЦАЛЫҚ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ ТУРАЛЫ

АБДОЛЛАЕВА А. С.
магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
ИСПУЛОВ Н. А.
ф.-м.г.к., профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Қазіргі физика қарапайым табиғи орталарды сипаттаудан, қасиеттері айқын көрсетілген материалдарды жобалауға көшті. Композиттер мен монокристалдарды аэроғарыш, энергетика және аспап жасау салаларында қолданыстың артуы, олардың экстремалды динамикалық жүктемелер кезіндегі әрекетін мұқият бағалауды талап етеді. Мұндай ортада серпімді толқындардың қалай таралатынын түсіну қауіпсіз және берік құрылымдарды құрудың негізі болып табылады.

Теориялық негіздер: анизотропия және толқындық теңдеу. Мәселенің физикалық мәні анизотропияда – материал қасиеттерінің бағытқа тәуелділігінде. Монокристалдар – анық анықталған кристаллографиялық қасиеттері бар жоғары реттелген орталар. Олардағы толқынның таралуын серпімді модульдер тензоры сипаттайды. Мұндай орталарда процесс физикасы атомдық тордың симметриясына байланысты. Композиттер басқарылатын анизотропиясы бар жүйелер ретінде кристалдардан айырмашылығы, композиттер жасанды түрде жасалған гетерогенді құрылымға ие. Бұл басқарылатын анизотропияны құра отырып, материалды «бағдарламалауға» мүмкіндік береді. Дегенмен, бұл құрылым фазалық шекаралардағы көптеген шағылысуларға байланысты серпімді толқын әрекетін болжауды қиындатады.

Матрицалық әдістер қазіргі есептеу физикасының ең тиімді құралдарының бірі болып табылады. Олар анизотропты ортада

толқынның таралуын талдау үшін әмбебап математикалық негіз береді.

Математикалық модель: фазалық және топтық жылдамдықтар сияқты толқындық параметрлерді есептеу үшін модель әзірленген.

Тиімділік: матрицалық тәсіл күрделі механикалық-жылулық әрекеттесулерді қарастыруға мүмкіндік береді, сонымен бірге есептеу шығындарын азайтады және модельдеу дәлдігін арттырады.

Сандық модельдеу: матрицалар фазалық беттер және дисперсия қасиеттері сияқты негізгі сипаттамаларды анықтау үшін пайдаланылады.

Анизотропты ортада серпімді толқындардың таралуын сипаттау үшін ортаның қозғалыс теңдеулерді қолданады, олар келесі түрде жазылады:

(1)

Матрицалық әдістерді қолдану:

Матрицалық әдістерді қолдану (атап айтқанда, трансфер матрицалық әдіс) көп қабатты немесе градиентті ортаны талдаудың әмбебап математикалық негізін береді. Бұл әдісті қолдану арқылы:

1) Толқындық өрісті матрицалық оператор арқылы бір материалдық қабаттан екіншісіне ауысатын күй векторы ретінде сипаттаңыз;

2) Композиттер үшін әсіресе маңызды болып табылатын фазалар шекарасындағы күрделі механикалық-жылулық әрекеттесулерді қарастырыңыз;

3) Қабаттар саны көп тасымалдағыштарда толқындық пакеттерді модельдеу кезінде есептеу шығындарын айтарлықтай төмендетіңіз.

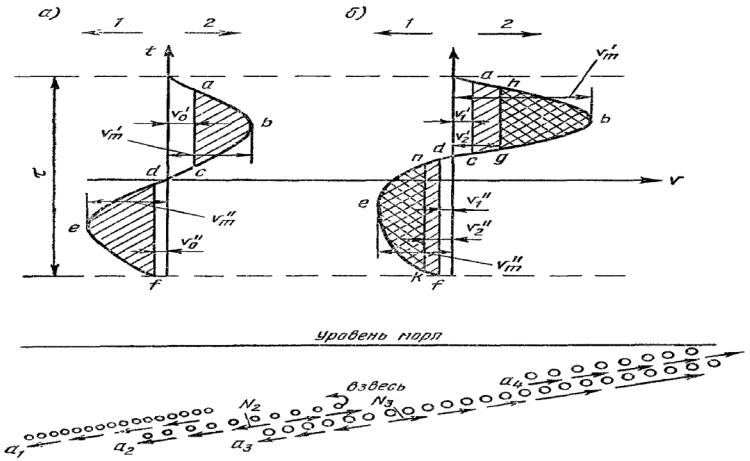
Салыстырмалы талдау: нәтижелер мен үлгілер

Зерттеу материалдардың екі түрінің де толқындық реакциясын салыстырмалы зерттеуді қамтиды.

Дисперсия: Композиттер периодтық құрылымына байланысты толқын жылдамдығының жиілікке (дисперсиялық) күрделі тәуелділігін көрсетеді, ал монокристалдарда дисперсия ең алдымен өте жоғары жиіліктерде көрінеді.

Энергия: әсер ету энергиясының құрылым ішінде қалай бөлінетінін анықтауға мүмкіндік беретін динамикалық мінез-құлық үлгілері анықталған.

Әсер етуші факторлар: Арматураның геометриясы композиттердің толқындық әрекетіне сыни әсер ететіні анықталды, ал тордың тазалығы мен бағыты кристалдардың әрекетіне әсер етеді.



Сурет 1 – а) бір кристалды кремний (куб симметрия); б) қабатты көміртекті талшықты арматураланған пластик (бағытталған анизотропия).

Сандық модельдеу нәтижелері және салыстырмалы талдау

Зерттеу міндеттерін шешу үшін ортаның екі түрі үшін модельдеу жүргізілді: бір кристалды кремний (куб симметрия) және қабатты көміртекті талшықты арматураланған пластик (бағытталған анизотропия).

Жылдамдық пен толқындық беттік талдау:сандық модельдеу негізгі сипаттамаларды анықтауға мүмкіндік берді фазалық және топтық беттер.

Монокристалдар: фазалық жылдамдықтар кристаллографиялық осьтермен қатаң байланысты екені анықталды. Бойлық толқындар үшін беттер тор симметриясын көрсететін симметриялы «шығыстарды» көрсетеді.

Композиттер: бағытталған анизотропиямен сипатталады. Толқындардың максималды жылдамдықтары арматуралық талшықтардың бағыты бойынша байқалады, ал көлденең бағытта жылдамдық 40–60% төмендейді, бұл динамикалық мінез-құлықты болжауды қиындатады.

Дисперсиялық қасиеттер:

1) Жиілікке байланысты толқындық әрекетке әсер ететін факторлар анықталды;

2) Композиттерде айтарлықтай геометриялық дисперсия байқалады, күшейту қадамына сәйкес толқын ұзындығында толқын фронтының күрт бұрмалануы орын алады;

3) Зерттелетін диапазондағы монокристалдар үлкен қашықтықта толқын импульсінің пішінін сақтай отырып, дисперсиясыз орта сияқты әрекет етеді.

Практикалық құндылық және өнеркәсіптік енгізу

Физика бүгінде тек формулалар ғана емес, сонымен қатар нақты инженерлік ұсыныстар болып табылады. Авиация және ғарыш: нәтижелер соққы және діріл жағдайында жұмыс істейтін құрылымдар үшін материалдарды саналы түрде таңдауға мүмкіндік береді. Бұзбайтын сынақ (NDT): зерттеу өнімнің өзін жоймай ақауларды диагностикалау әдістерін жақсартады. Ақылды материалдар: деректер сыртқы жағдайларға байланысты қасиеттерін өзгертуге қабілетті бейімделгіш құрылымдарды жобалауда қолданылады. Білімі: әзірленген алгоритмдер материалтану және континуум механикасы бойынша оқу бағдарламаларына енгізілуде.

Салыстырмалы талдау негізінде практикалық қолдану үшін келесі ұсыныстар тұжырымдалды:

Соққы жүктемелеріне ұшыраған құрылымдар үшін көлденең арматураланған композиттерді пайдалану негізделген, өйткені олар серпімді толқын энергиясын монокристалды құрылымдарға қарағанда тиімдірек таратады.

Бұзбайтын сынақ жүйелері үшін жасырын қабаттасуды іздеу кезінде ультрадыбыстық датчиктерді калибрлеу үшін композиттердегі анықталған жылдамдық «аномалияларын» пайдалану ұсынылады.

Табиғи және индукцияланған анизотропия арасындағы айырмашылықтарды көрсету үшін әзірленген алгоритмдерді материалтану курстарына біріктіруге болады.

Анизотропты орталар саласындағы физиканың дамуы жай бақылаудан заттың қасиеттерін белсенді бақылауға ауысуын көрсетеді. Салыстырмалы талдау нәтижесінен көргеніміздей, анизотропияның әртүрлі табиғатына қарамастан, матрицалық әдістер материалдардың екі класының динамикасын сипаттайтын қуатты құрал болып табылады. Бұл саладағы одан әрі зерттеулер болашақ технология үшін одан да сенімді және жеңіл құрылымдарды жасауға мүмкіндік береді. Бір кристалды теория мен композиттік механиканы біртұтас матрицалық әдістеме аясында біріктіретін кешенді салыстырмалы тәсілдің маңызды ғылыми және практикалық маңызы бар. Бұл тәсілді одан әрі дамыту маңызды салаларда технологиялық егемендікті қамтамасыз ететін келесі буын материалдарын жасауға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Александров К. С. Анизотропия упругих свойств монокристаллов. – М.: Наука, 2020.

2 Ерофеев В. И. Динамика материалов с микроструктурой. –М.: Либроком, 2018.

3 Победря Б. Е. Механика композиционных материалов. – М.: Изд-во МГУ, 1984.

4 Сиротин Ю. И., Шаскольская М. П. Основы кристаллофизики. – М.: Наука, 1979.

5 Трофимов В. А. Матричные методы в теории упругости анизотропных сред. – Новосибирск: Наука, 2021.

ТЕРМОЯДРОЛЫҚ СИНТЕЗ: « ҚОЛДАН ЖАСАЛҒАН КҮН» – АДАМЗАТТЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ БОЛАШАҒЫ

БӨРІБАЙ З. Е.

физика пәні мұғалімі, Павлодар облысының білім беру басқармасы, Екібастұз қаласы білім беру бөлімінің «№18 жалпы орта білім беретін мектеп»- коммуналдық мемлекеттік мекемесі

Адамзат өркениетінің дамуы тікелей энергияны тұтыну деңгейіне байланысты. Көмір мен мұнай дәуірінен кейін ядролық энергетика келді, алайда оның қауіпсіздігі мен қалдықтары әлі де

үлкен мәселе. Бүгінгі таңда ғалымдардың алдында тұрған ең асқақ арман – Күннің энергия өндіру принципін Жер бетінде қайталау. Термоядролық синтез – бұл жай ғана жаңа технология емес, бұл планетамызды экологиялық апаттан құтқара алатын, сарқылмас әрі қауіпсіз энергия көзі.

Қазіргі атом электр станцияларында ауыр ядролардың (уран) бөліну реакциясы қолданылады. Ал термоядролық синтез – кері процесс. Мұнда жеңіл атом ядролары – дейтерий мен тритий (сутегінің изотоптары) бірігіп, гелий ядросын түзеді.

Термоядролық синтез – бұл жеңіл атом ядроларының бірігіп, ауыр ядроны құрауы. Қазіргі ядролық реакторларда уран сияқты ауыр элементтердің ыдырауы қолданылса, синтезде керісінше процесс жүреді.

Ең тиімді реакция сутегінің екі изотопы – дейтерий мен тритий арасында жүреді.

1. Дейтерий : Мұхит суында мол кездеседі. 1 литр теңіз суындағы дейтерийден алынатын энергия 300 литр бензинге тең.

2. Тритий : Табиғатта сирек кездесетін радиоактивті изотоп, бірақ оны литийден тікелей реактордың ішінде өндіруге болады.

Негізгі реакция теңдеуі:

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He(3{,}5MeV) + n(14{,}1MeV)$$

Мұндағы бөлінетін энергияның негізгі бөлігі нейтронның кинетикалық энергиясы түрінде болады. Бұл энергия кейіннен жылуға, содан соң электр энергиясына айналады.

Бұл реакцияның тиімділігі таңғалдырады: 1 кг термоядролық отын 10 мың тонна көмір бергендей энергия береді.

Күн ядросында синтез процесі оның орасан зор гравитациялық қысымының арқасында жүреді. Жер бетінде мұндай қысым жасау мүмкін емес, сондықтан біз температураны көтеруге мәжбүрміз.

1. Миллиондаған градус: Реакция басталуы үшін плазманы 150 миллион градусқа дейін қыздыру керек. Бұл Күннің орталығынан 10 есе ыстық.

2. Магниттік тұтқын: Ешқандай материалдық ыдыс мұндай қызуға шыдамайды. Сондықтан ғалымдар Токамак (Тороидальді камера және магниттік катушкалар) қондырғысын ойлап тапты. Ол плазманы қуатты магнит өрісінің көмегімен «ауада» қалқытып ұстап тұрады.

Францияның оңтүстігіндегі Кадараш қаласында салынып жатқан ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) – адамзат тарихындағы ең күрделі инженерлік нысан. Оған ЕО, АҚШ, Қытай, Жапония, Ресей, Үндістан және Оңтүстік Корея мүше.

ITER-дің басты мақсаты – $Q \geq 10$ көрсеткішіне жету. Яғни, плазманы қыздыруға жұмсалған 50 МВт энергиядан 500 МВт пайдалы қуат алу. Бұл термоядролық реактордың коммерциялық тұрғыдан тиімді екенін дәлелдейтін алғашқы қадам болмақ.

Қазақстан термоядролық зерттеулерден тыс қалған жоқ. Курчатов қаласында орналасқан КТМ (Қазақстандық Токамак Материалтану қондырғысы) – әлемдегі бірегей реакторлардың бірі. Оның басты міндеті – болашақ термоядролық реакторлардың ішкі қабырғасына қолданылатын материалдардың төзімділігін сынау. КТМ – ITER жобасының маңызды ғылыми серіктесі.

Болжамдар бойынша, термоядролық энергетиканың даму кезеңдері мынадай:

1. 2025–2030 жж: ITER-де алғашқы плазманы алу және сынақтарды бастау.

2. 2040–2045 жж: DEMO (Demonstration Power Plant) атты алғашқы нақты электр энергиясын өндіретін станцияның жобасын іске қосу.

3. 2050 жылдан кейін: Термоядролық станциялардың жаппай коммерциялық қолданысқа енуі.

Термоядролық синтез – бұл адамзаттың энергетикалық тәуелсіздікке, таза табиғатқа және технологиялық өрлеуге баратын жалғыз жолы. Қаржыландырудың аздығы мен инженерлік қиындықтар бұл процесті баяулатқанымен, «жасанды күннің» пайда болуы – тек уақыт еншісіндегі мәселе.

Термоядролық синтез технологиясын игеру – адамзат тарихындағы ең қымбат инвестициялық жобалардың бірі. Мысалы, ITER жобасының құны бастапқыда 5 миллиард еуро деп бағаланса, қазіргі таңда бұл көрсеткіш 20 миллиард еуродан асып жығылды. Алайда, бұл орасан зор шығындар болашақта өзін толықтай ақтайды.

Алғашқы термоядролық станциялардың құрылысы қымбат болғанымен, уақыт өте келе олардан алынатын энергияның өзіндік құны төмендейді.

1. Отынның арзандығы: Көмір немесе газ станцияларында шығынның 70-80%-ы отын сатып алуға жұмсалса, термоядролық реакторларда отын (дейтерий мен литий) жалпы шығынның 1%-ынан да азын құрайды.

2. Масштабтау мүмкіндігі: Бір ғана термоядролық станция (мысалы, қуаты 2 ГВт) миллиондаған халқы бар мегаполисті үздіксіз энергиямен қамтамасыз ете алады. Бұл жүздеген жел немесе күн станцияларын салудан тиімдірек.

Термоядролық зерттеулерге жұмсалған әрбір доллар жанама салалардың дамуына серпін береді:

1. Аса өткізгіштер: Күшті магнит өрістерін жасау медицинадағы МРТ (MRI) аппараттарының арзандауына және жаңа буындағы жылдам пойыздардың (Maglev) пайда болуына әкеледі.

2. Материалтану: Экстремалды температураға шыдайтын жаңа қорытпалар ғарыш кемелерін жасауда және авиацияда төңкеріс жасайды.

3. Криогеника: Сұйық гелий мен азотты өндіру және сақтау технологиялары жетіле түседі.

2050 жылға қарай әлем елдері «көміртекті бейтараптыққа» (Net Zero) жетуді мақсат етіп отыр. Күн және жел энергиясы тұрақсыз (жел соқпаса немесе күн бұлтты болса, энергия өндірілмейді) болғандықтан, термоядролық синтез «базалық қуат көзі» ретінде баламасыз шешім болып табылады. Ол тәулік бойы, ауа райына қарамастан тұрақты қуат бере алады.

Термоядролық синтездің коммерциялық пайдалануға берілуі геосаясатты да өзгертеді. Энергия ресурстарына (мұнай мен газға) тәуелділік жойылып, технологиялық басымдық бірінші орынға шығады. Қазақстан сияқты КТМ токамагы бар елдер бұл жаңа нарықта тек шикізат беруші емес, жоғары технологиялық серіктес ретінде танылады.

Ғалымдар арасында мынадай әзіл бар: «Термоядролық синтез дайын болған кезде, адамзат оны міндетті түрде пайдаланады». Бұл сөздің астары – технология дайын болғанда, оның экономикалық тиімділігі кез келген қазба отыннан асып түсетінінде.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Батырбеков, Э. Г. «Қазақстанның ядролық-энергетикалық әлеуеті және КТМ жобасы» – ҚР ҰЯО хабаршысы.

2 Лукьянов, С. Ю. «Горячая плазма и управляемый ядерный синтез.» – Москва: Наука.

3 Арцимович, Л. А. Управляемые термоядерные реакции. – Москва: Физматлит.

4 Тажибаева И. Л. и др. «Результаты физического пуска Казахстанского Токамака КТМ». – Вестник НЯЦ РК.

5 Freidberg, J. P. Plasma Physics and Fusion Energy. Cambridge University Press. Магниттік ұстап тұру (magnetic confinement) теориясын егжей-тегжейлі сипаттайтын академиялық еңбек.

ҚАЗІРГІ ФИЗИКАНЫҢ ДАМУЫНДАҒЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІҢ РӨЛІ

ҒАЗИЗҚЫЗЫ Ж. А.
физика пәнінің мұғалімі, Қабанбай батыр атындағы «Жас сарбаз» облыстық мамандандырылған лицей-мектеп-интернаты, Павлодар қ.

Физика ғылымы соңғы жылдары елеулі өзгерістер кезеңін бастан кешіруде. Деректер көлемінің қарқынды өсуі, есептеу қуатының артуы, нейрожелілер мен машиналық оқыту алгоритмдерінің жетілуі физикалық зерттеулердің әдістемесін түбегейлі өзгертіп жатыр. Қазақстан 2026 жылды Цифрландыру және жасанды интеллект жылы деп жариялап, осы бағыттағы стратегиялық қадамдарын нығайтуда [1]. Жасанды интеллекттің (ЖИ) 2024–2029 жылдарға арналған даму тұжырымдамасында деректер инфрақұрылымы, адами капитал, ғылыми зерттеулер және білім беру негізгі бағыттар ретінде айқындалған [2]. Осы процестер физика ғылымына да тікелей қатысты, өйткені ЖИ бүгінде эксперименттік деректерді талдаудан бастап, теориялық модельдерді тексеруге дейінгі кең ауқымда қолданылуда.

Жұмыстың мақсаты - жасанды интеллекттің қазіргі физиканың дамуына қосып отырған үлесін талдап, оның эксперименттік, теориялық және қолданбалы физикадағы рөлін көрсету, сондай-ақ Қазақстандағы білім беру жүйесінде ЖИ-ді физика пәнінде қолдану мүмкіндіктерін қарастыру.

ЖИ-дің физикадағы қолданылу аясы, әдетте, 3 негізгі бағытқа бөлінеді: біріншісі - үлкен деректерді талдау (детекторлар, телескоптар, интерферометрлер, спутниктер), екіншісі - есептеуіш модельдеу мен симуляцияны жеделдету (суррогат модельдер, физикамен бағытталған нейрожелілер), үшіншісі - күрделі жүйелерді басқару мен оңтайландыру. CERN ұйымы 2025 жылдың қарашасында бекіткен ЖИ стратегиясы мен қағидаларында осы бағыттар нақты аталады: дерек талдау, аномалия табу, симуляция, үдеткіш пен детектор операцияларын оңтайландыру, сонымен қатар ашықтық, жауапкершілік, қауіпсіздік және адам бақылауы секілді принциптер міндетті деп белгіленген [3].

Эксперименттік физикада ЖИ-дің ең көрнекті мысалдарының бірі - Үлкен адрон коллайдерінде (LHC) бөлшектер соқтығысын реконструкциялау. CMS коллаборациясы машиналық оқытуға негізделген MLPF (machine-learning-based particle-flow) тәсілін әзірлеп, дәстүрлі ережелер тізбегінің орнына симуляцияланған деректерде оқытылған бір модельді қолданады. Бұл тәсіл кейбір импульс диапазондарында джеттерді реконструкциялау дәлдігін 10–20%-ға жақсартты. Тәсіл GPU чиптерінде тиімді жұмыс істеп, 2030 жылы іске қосылатын High-Luminosity LHC кезеңінде (соқтығыс саны шамамен 5 есе артады) одан да маңызды болады деп болжануда. Бұл - бірдей қондырғыдан көбірек және дәлірек физикалық ақпарат алу мүмкіндігі.

Тағы бір әсерлі мысал - термоядролық синтез зерттеулеріндегі токамак плазмасын басқару. Nature журналында жарияланған жұмыста reinforcement learning негізіндегі жүйе токамактың магнит катушкаларын басқарып, әртүрлі плазма конфигурацияларын, оның ішінде «snowflake» тәрізді күрделі пішіндерді де тұрақты ұстап тұра алғаны көрсетілген. Бұл нәтиже ЖИ-дің эксперименттік қондырғыларда нақты уақытта басқару міндеттерін орындай алатынын және симуляциядан нақты жүйеге (sim-to-real) өтудің мүмкін екенін дәлелдеді.

Астрофизика саласында да ЖИ-дің рөлі өсуде. Гравитациялық толқын детекторлары LIGO, Virgo, KAGRA желісінің O4 бақылау жүгіруінде кандидат оқиғалар саны күрт өсіп, қоғамдық alert-тер секундтар ішінде тарала бастады. 2025 жылғы зерттеуде Deep Loop Shaping деп аталатын reinforcement learning тәсілі LIGO Livingston обсерваториясында 10–30 Hz диапазонында басқару шуылын 30 есе азайтып, кейбір жиілік аралықтарында 100 есеге дейін төмендеткені хабарланды. Бұл - ЖИ-дің тек деректі талдап қана қоймай, өлшеу құралының өзін жетілдіретінін көрсететін мысал.

Vera C. Rubin обсерваториясы бақылау деректерін өңдеу үшін machine learning алгоритмдерін қолданатын «broker» платформаларын іске қосып, alert-терді сүзу, жіктеу және ғылыми топтарға тарату жүйесін құрды. Event Horizon Telescope (EHT) деректерін deep learning арқылы талдап, қара құрдымдар параметрлерін бағалауға бағытталған жұмыстар да MNRAS журналында жарияланды, бірақ теориялық белгісіздік пен турбуленттіліктің шектеулері де ашық көрсетілген. NASA мен IBM бірлесіп жасаған Surya ашық AI моделі Solar Dynamics Observatory

деректерінде оқытылып, 2 сағатқа алға күн жарқылдарын (flare) болжауда benchmark көрсеткішінен 16% жоғары нәтиже берді.

Теориялық және есептеу физикасында ЖИ-дің негізгі қызметі - теңдеулерді шешуді жеделдету, параметрлерді бағалау, кері есептерді (inverse problems) шығару. Physics-informed neural networks (PINNs) тәсілі кең тарауда: бұл әдіс физикалық заңдылықтарды нейрожелінің оқыту процесіне тікелей кіріктіреді. Communications Engineering журналындағы мақалада авторлар көпдеңгейлі PINN ұсынып, оның дәлдік пен есептеу уақыты жағынан классикалық нейрожелілерден артықшылығын көрсетті. Бұл тәсіл «цифрлық егіз» (digital twin) сияқты өндірістік-физикалық бағыттарға да қолданылатыны атап өтілді.

Материалтану саласында ЖИ жаңа материалдарды табу жылдамдығын түбегейлі арттырды. Nature журналындағы 2023 жылғы жұмыста масштабталған graph network модельдері 2,2 миллион жаңа құрылым ұсынып, тұрақты материалдар кеңістігін шамамен бір тәртіпке (order of magnitude) кеңейткені хабарланды, олардың 736-сы экспериментте сәтті синтезделді. Осы бағытта Materials Project ашық дерекқоры тірек инфрақұрылым рөлін атқарады. A-Lab автономды лабораториясы роботтандырылған синтез, ML жоспарлау және active learning арқылы 17 күнде 57 нысанның 36-ын синтездеп, ЖИ-дің «дерек талдаудан» «тәжірибені басқаруға» дейін кеңейгенін көрсетті. Matbench Discovery платформасы ML модельдерін термодинамикалық тұрақтылық, жылу өткізгіштік секілді көрсеткіштер бойынша салыстырып, ашық benchmark мәдениетін қалыптастыруда [4].

Кванттық физикада ЖИ-дің негізгі бағыты – шулы кванттық жүйелерді басқару мен қателерді табу/түзету. 2024 жылы Nature журналында surface code-ты декодтауға арналған recurrent, transformer негізіндегі нейрожелі Google Sycamore процессорының нақты деректерінде state-of-the-art декодерлерден артық болғаны жарияланды. 2025 жылғы Nature мақаласында surface code threshold-тен төмен жұмыс істейтін жад көрсетіліп, real-time decoder distance-5 жүйесінде орташа 63 микросекунд кідіріспен миллион циклге дейін тұрақты жұмыс істейтіні хабарланды. npj Quantum Information журналында reinforcement learning агенті QEC кодтары мен encoding схемаларын адам берген бастапқы circuit ansatz-ына тәуелсіз автоматты түрде табуға бағытталғаны баяндалды. Бұл бағыт ЖИ-дің физикада жаңа құрылымдарды іздеу рөлін де атқаратынын көрсетеді.

Білім беру жүйесі тұрғысынан Қазақстанда ЖИ-ді мектеп деңгейінде қолдану бағыты нақты қалыптасуда. ҚР Оқу-ағарту министрлігі мен Цифрлық даму министрлігі бірлесіп бекіткен ұлттық модельде этика, дербес деректерді қорғау, академиялық адалдық және «ЖИ педагогтің орнын баспайды» принципі нақты жазылған. 2025–2026 оқу жылынан «Цифрлық сауаттылық» мен «Информатика» пәндеріне ЖИ элементтері енгізілген [5]. Бұл физика пәніне де тікелей қатысты: ЖИ-ді физикада қолдану оқушының ғылыми сауаттылығы мен деректермен жұмыс мәдениетін қалыптастыруға бағытталуы тиіс.

Физика сабақтарында PhET, learningapps, wordwall сияқты интерактивті платформалар параметрді өзгертіп, заңдылықтарды бақылауға мүмкіндік береді. AR, VR технологиялары мен QR кодтары арқылы тапсырма станциялары ұйымдастырылады. ChatGPT, Gemini, Grok, KlingAI сияқты LLM негізіндегі чат-боттар оқушыға «дайын жауап» емес, зерттеу жоспарын құруға, гипотеза ұсынуға көмектесетін режимде қолданылады, ал мұғалім жауаптың дұрыстығын міндетті түрде тексереді [6]. Мұндай тәсіл CERN-нің жауапты ЖИ қағидаларындағы адам бақылауы мен ашықтық принциптеріне сәйкес келеді [3].

Жоғары сынып оқушылары үшін қазіргі ғылыми жаңалықтарды сабақ тақырыптарымен байланыстыру ерекше нәтижелі. Мысалы, MLPF алгоритмінің джет дәлдігін 10–20% жақсартуы, кванттық қателерді түзетуде transformer декодерінің нақты процессор дерегінде артықшылығы секілді деректерді «ақпараттық мәтін» ретінде оқушыларға ұсынып, талдау тапсырмаларын қоюға болады. Оқушының қызығушылығын арттыру үшін интерактивтілік, мағыналы контекст және жылдам кері байланыс қажет, бірақ ЖИ-ді тек «қызықтыру құралы» ретінде емес, ғылыми ойлауға жетелейтін тетік ретінде қолдану маңызды.

Тәуекелдер тұрғысынан, ЖИ-дің «қара жәшік» (black-box) табиғаты кейде физикалық интерпретацияны қиындатады. ЕНТ зерттеулерінде deep learning арқылы параметр бағалау мүмкіндігі көрсетілгенімен, теориялық белгісіздіктің нәтижеге шектеу қоятыны ашық жазылған. ЮНЕСКО-ның білім беруде generative AI қолдану ұсынымдарында адам-орталық тәсіл, инклюзия, теңдік және дерек құпиялығы негізгі құндылықтар ретінде атайды [7]. Қазақстанның ұлттық стандарттары да дәл осы логикаға сүйеніп, этика, құқықтық реттеу және академиялық адалдықты өзегіне алған.

Қорытындылай келе, 2026 жыл контексінде ЖИ қазіргі физиканың дамуына 3 деңгейде үлес қосуда: деректерден «көрінбейтінді» табуға көмектеседі (LHC реконструкциясы, астрономиялық alert жіктеу), күрделі жүйелерді басқаруда жаңа сапа береді (токамак плазмасы, гравитациялық детектор), жаңа материалдар мен кванттық технологияларға апаратын жолды қысқартады (материал табу, автономды синтез, QEC декодерлері). Қазақстанда бұл өзгерістер білім беру саясатына нақты кіріп, ұлттық стандарттар мен оқу мазмұны арқылы бекітілуде. Физика мұғалімдерінің кәсіби даму моделі - алдымен базалық сауат, кейін тереңдету, соңында оқушы жобалары – ЖИ-ді сабақта жауапты және тиімді қолданудың негізі бола алады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Қасым-Жомарт Тоқаевтың Қазақстан халқына Жолдауы «Жасанды интеллект дәуіріндегі Қазақстан: өзекті міндеттер мен оларды цифрлық трансформация арқылы шешу», 2025 жылғы 8 қыркүйек. URL: https://www.akorda.kz/kz/poslanie-glavy-gosudarstva-kasym-zhomarta-tokaeva-narodu-kazahstana-kazahstan-v-epohu-iskusstvennogo-intellekta-aktualnye-zadachi-i-ih-resheniya-cherez-cifrovuyu-transformaciyu-885145

2 Жасанды интеллектті дамытудың 2024–2029 жылдарға арналған тұжырымдамасы. ҚР Үкіметінің қаулысы. URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000592

3 General principles for the use of AI at CERN. 13 November, 2025. URL: https://home.cern/news/official-news/knowledge-sharing/general-principles-use-ai-cern

4 Matbench Discovery: An evaluation framework for machine learning in materials science. URL: https://matbench-discovery.materialsproject.org/

5 ҚР Оқу-ағарту министрлігі мен ҚР Цифрлық даму, инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі министрлігі. Білім беру жүйесінде жасанды интеллектті қолдану моделі. 2025.

6 PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder. URL: https://phet.colorado.edu/

7 UNESCO. Guidance for generative AI in education and research. 2023. URL: https://www.unesco.org/en/digital-education/ai-future-learning.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАЗДЕЛА «ОСНОВЫ АСТРОНОМИИ» В 9 КЛАССЕ

ЕРМАҒАМБЕТ М. М.
магистрант, КАЗНПУ имени Абая, г. Алматы

В данной статье рассматриваются особенности изучения раздела «Основы астрономии» в 9 классе школьного курса физики. Подчеркивается значимость астрономии как науки для формирования научного мировоззрения учащихся и развития межпредметных связей. Анализируются основные трудности, возникающие при изучении данного раздела, включая сложность материала, ограниченное количество учебных часов, недостаток наглядных средств и необходимость выполнения сложных математических рассчетов. Определяются причины данных затруднений и предлагаются возомжные пути их решения с целью повышения эффективности обучения.

Для изучения данного разделы было выделено 5 часов. Один час из пяти предназначен для суммативного оценивания за раздел. За эти 4 часа в программе учащиеся должны изучить такие темы как: «Звездное небо», «Небесная сфера, системы небесных координат», «Видимое движение светил на различных географических широтах, местное, поясное и всемирное время», «Законы движения планет Солнечной системы», «Определение расстояния в астрономии методом параллакса».

Разберем данные темы и возьмем за основу учебник для 9 класса по физике автором которого является «Закирова Н. А.». Разберем §9 «Небесная сфера, системы небесных координат». В этом учебнике даны определения такие как: Небесная сфера – это воображаемая сфера любого радиуса, на которую проецируются все видимые небесные тела. Прямое восхождение – это угловое расстояние от точки весеннего равноденствия до круга склонения, на котором расположена звезда. [2, с. 59]. Так в чем заключается конкретная проблема? А в том что в конце этой темы у нас есть определенные задачи, но мы можем заметить в данном параграфе нет конкретного примера как решаются данные задачи. Тут возникает проблема, например ученик который хочет самостоятельно изучить тему, не сможет решить данные задачи без помощи учителя или же ему придется изучать дополнительные материалы для того чтобы

освоить данную тему. И такая проблема встречается не только в этом учебнике, но и в оставльных учебниках.

Тут возникает и следующая проблема. Эту проблему в своей работе Н. П. Емец описал так: Студент-выпускник педагогического вуза, не владеющий знаниями в области содержания и возможностей программных средств, не имеющий навыков и умений их практического применения в школьном учебно-воспитательном процессе, будет так же испытывать большие затруднения при использовании новых информационных технологий в обучении астрономии в школе. Поэтому повышение уровня не только астрономической культуры, но и информационной культуры современного учителя – должны быть важнейшими компонентами курса астрономии в педагогическом вузе. [1, с. 282]. Каков вывод? Проблемы возникают не только у учащихся но и у самих преподователей при изучении данного раздела.

Пути решения этой проблемы: решение этой проблемы довольно прост. Можно было добавить в конце параграфа пример решения задачи. Например:

Пример решения задачи:

Определите горизонтальные координаты самой яркой звезды вашего зодиакального созвездия. Возможно ли наблюдение этой звезды в вечернее время?

Шаг 1:

Если

– на горизонте.

– над горизонтом

– не видно

Шаг 2: возьмем дату как 26.12.2003. Это созвездие козерог.

Запишем нужные нам данные:

- склонение.

– прямое восхождение.

Ф ≈ 51° – широта (Казахстан)

Шаг 3: Определим видно звезда.

$$h_{max} = 90 \circ - | \varphi - \delta |$$
$$h_{max} = 90° - | 51° - (-16°) | = 90° - 67° = 23°$$

Шаг 4: Выводы.

Самая яркая звезда созвездия Козерога – Денеб Альгеди. Её склонение составляет примерно −16°. Для широты около 51° максимальная высота звезды над горизонтом составляет около 23°, следовательно, она наблюдается невысоко над южной частью горизонта.

В вечернее время наблюдение данной звезды затруднено, так как в декабре созвездие Козерога находится вблизи Солнца и появляется на небе преимущественно в дневное время.

Разберем следующую проблему которая возникает при обучений раздела «Основы астрономии» в 9 классе. При изучений данного раздела мы можем заметить что у учащихся возникают проблемы с запоминанием формул. Так почему же возникает данная проблема? Давайте разберемся. В учебниках нет вывода формул. Если сравнить другой раздел то заметим что показан четкий вывод формулы. А в нашем случае нет конкретного вывода формул . Например: в учебнике школьного курса физики для 9 класса авторов которого является «Казакбаева Д. А.» показан вывод формулы таким образом:

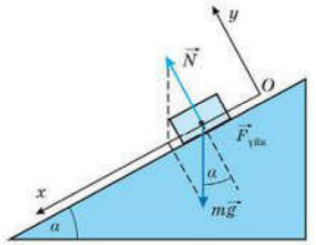


Рисунок 1 – Движение тела на горизонтальной плоскости

Сила рекации опоры:

$$N = mg\cos\alpha$$

Так как реакция опоры равна весу тела, в этом случае вес тела будет меньше чем сила тяжести:

$$P = mg\cos\alpha < mg$$

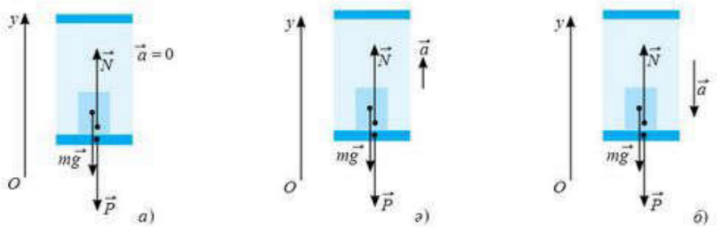


Рисунок 2 – Вес тела при движении лифта

Пусть тело лежит на полу лифта как на рисунке 2. Тогда запишем проекцию на ось OY: .

Выводы: в лифте, движущемся равномерно, вес тела равен силе тяжести. [3, с. 102].

Теперь же разберем на примере раздела «Основы астрономии» в этом же учебнике: Формула Погосона. В середине XIX века английский астроном Норман Погсон предложил новую шкалу измерения звездных величин. В этой шкале разность в 5 звёздных величин соответсвует изменению яркости звезды ровно в 100 раз. Где .

Следовательно, формула Погсона записывается в следующем виде [3, с. 42]:

$$\frac{E_{m_1}}{E_{m_2}} = 2{,}512^{-(m_1-m_2)}$$

Да, понятно почему не показали вывод формулы, так как при выводе испульзуются темы которые в 9 классе не проходят. Но это и является одной из основных проблем. Формулы довольно сложные в запоминании и использовании. А одним их лучших способов запомнить формулы и знать его вывод.

Особое место занимают когнитивные и психологические проблемы обучающихся. Учащиеся воспринимают данный раздел как один из сложных и оторванных от реальности предмет. Хотя как таковым оно не является. Это причина способствует снижению мотивации у учащихся. А как раз таки причной появления этой проблемы является недостаточность наглядности того что ученики изучают. Давайте разберем способы решения данной проблемы в таблице.

Таблица 1 – Приложения и сайты для преодоления когнитивных и психологических проблем

№	Приложение / сайт	Тип	Какую проблему решает	Как используется
11	Stellarium Mobile	Приложение	Абстрактность материала, слабое воображение	Показывает реальное небо в режиме реального времени, помогает «увидеть» созвездия
22	Stellarium	Программа	Сложность понимания движения небесных тел	Моделирует движение планет, смену дня и ночи
33	SkySafari	Приложение	Низкая мотивация, отсутствие интереса	Интерактивное изучение звезд, планет и объектов
44	Star Walk 2	Приложение	Психологический барьер «это сложно»	Простая визуализация, удобный интерфейс
55	Celestia	Программа	Трудности с масштабами Вселенной	Позволяет «путешествовать» по космосу
66	NASA Eyes	Сайт	Отсутствие наглядности	3D-модели Солнечной системы и миссий
77	Google Sky Map	Приложение	Сложность ориентирования на небе	Наводишь телефон – видишь объекты
88	PhET Interactive Simulations	Сайт	Трудности понимания процессов	Интерактивные модели физических и астрономических явлений

В ходе проведения анализа было установлено, что при изучении раздела «Основы астрономии» в 9 классе сопровождается рядом существенных трудностей и проблем. К основным проблемам относятся методические ограничения, связанные с недостаточным количеством учебных часов и нехваткой наглядных примеров.

Кроме того есть и множество факторов влияющих на качество обучения которые были не рассмотрены в статье, такие как мотивация учащихся, психологические факторы. Наличие межпредметных пробелов в области других наук.

В данной статье так же были рассмотрены способы преодолеть данные проблемы. Такие как: использование современных образовательных технологий, включая интерактивные модели,

различные сайты и программы для более глубокого изучения, которые могут способствовать повышению мотивации у учащихся.

ЛИТЕРАТУРА

1 Емец И. В. Использование современных технологий при обучении астрономии / И. В. Емец // Вестник Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. – 2013. – № 12 (88). – С. 281–284. [Электронный ресурс]. – URL: https://lib.herzen.spb.ru/media/magazines/contents/1/12(88)/emets_12_88_281_284.pdf (дата обращения: 18.03.2026).

2 Физика. 9 класс: учебник для общеобразовательных школ / Н. А. Закирова, Р. Р. Аширов – Нур-Султан: Издательство «Арман-ПВ», 2019, - 272 с.

3 Физика. Жалпы білім беретін мектептің 9-сыныбына арналған оқулық / Д. М. Қазақбаева, Ш. Б. Насохова, Н. Бекбасар. – Алматы: Мектеп, 2019. – 264 с

ИНТЕРАКТИВТІ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖЫЛУ ФИЗИКАСЫ БӨЛІМІН ОҚЫТУДА ОҚУШЫЛАРДЫҢ СЫНИ ТҰРҒЫСЫНАН ОЙЛАУЫН ДАМЫТУ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ

ПІРМАНОВА С. Б.
магистрант, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ.

Қазіргі кезеңде білім беру жүйесі қоғамның даму қарқынына сәйкес үздіксіз жаңарып, жаңа талаптарға бейімделіп отыр. Ғылыми-техникалық прогрестің жедел дамуы білім беру мазмұнын қайта қарауды қажет етеді. Осыған байланысты бүгінгі күні білім беру үдерісінің басты мақсаты тек дайын білімді меңгерту емес, сонымен қатар оқушылардың шығармашылық қабілетін дамыту, олардың зерттеушілік дағдыларын қалыптастыру және сыни ойлау қабілетін жетілдіру болып табылады [1].

Жалпы мектеп бағдарламасында жылу физикасы бөлімі 8 және 10-сыныптарда кезең-кезеңімен қарастырылады. 8-сыныпта оқушылар жылу құбылыстары туралы бастапқы түсінік алады. Бұл деңгейде температура, ішкі энергия, жылу алмасу түрлері (жылу өткізгіштік, конвекция, сәулелену) сияқты негізгі ұғымдар енгізіледі. Сонымен қатар оқушылар қарапайым тәжірибелер

арқылы жылулық процестерді бақылап, олардың ерекшеліктерін анықтауға дағдыланады [2].

Ал 10-сыныпта бұл бөлім тереңдетіліп, ғылыми тұрғыдан күрделірек мазмұнда оқытылады. Атап айтқанда, термодинамиканың негізгі заңдары, идеал газ моделі және газдардың күй теңдеуі қарастырылады. Мұндай тақырыптарды меңгеру оқушылардың абстрактілі ойлау қабілетін дамытып, физикалық құбылыстарды ғылыми негізде түсінуіне мүмкіндік береді [3].

Жылу физикасын оқыту барысында оқушылар тек теориялық біліммен шектелмей, оны тәжірибе жүзінде тексеруге мүмкіндік алады. Мысалы, әртүрлі материалдардың жылу өткізгіштігін салыстыру, конвекциялық құбылыстарды бақылау немесе температура өзгерісін зерттеу сияқты жұмыстар жүргізіледі. Тәжірибелік әрекеттер оқушылардың зерттеушілік қабілетін арттырып, теория мен практиканы байланыстыруға жағдай жасайды.

Жылу физикасы бөлімін оқытуда сыни тұрғыдан ойлауды дамыту ерекше маңызға ие. Себебі бұл бөлімде қарастырылатын көптеген құбылыстар көзге тікелей байқалмайтын микродеңгейдегі процестермен байланысты. Осыған орай оқушылар молекулалардың қозғалысын, энергия алмасу механизмдерін және жылу құбылыстарының себеп-салдарын талдай білуі тиіс.

Тәжірибелер жүргізу де сыни ойлауды қалыптастырудың тиімді жолдарының бірі болып табылады. Оқушылар бақылау нәтижелерін салыстырып, талдап, өз тұжырымдарын жасау арқылы ғылыми қорытындыға келеді. Мысалы, жылу өткізгіштік тақырыбын меңгеру кезінде әртүрлі материалдардың қасиеттерін салыстыру арқылы нақты айырмашылықтарды анықтай алады.

Қазіргі білім беру жағдайында интерактивті технологияларды қолдану оқу үдерісінің тиімділігін арттыруда маңызды орын алады. Әсіресе физика пәнін оқытуда, оның ішінде жылу физикасында, мұндай технологиялар оқушылардың пәнге деген қызығушылығын арттырып, материалды тереңірек меңгеруге ықпал етеді [4].

Жылу физикасы бөлімін оқытуда қолданылатын негізгі интерактивті технологияларға мыналар жатады:

1. Виртуалды зертханалар. Виртуалды зертханалар – физикалық тәжірибелерді компьютерлік модельдеу арқылы орындауға мүмкіндік беретін интерактивті құралдарға жатады. Виртуальды зертханалар арқылы оқушылар температураның өзгеруін, газ қысымының өзгеруін және жылу алмасу процестерін қауіпсіз және ыңғайлы түрде зерттей алады. Сонымен қатар виртуалды

зертханалар арқылы күрделі де қауіпті тәжірибелерді көрсетуге болады.

2. Онлайн симуляциялар. Онлайн симуляциялар – физикалық процестерді модельдеуге арналған бағдарламалар болып табылады. Бұл бағдарламалар арқылы оқушылар әртүрлі параметрлерді өзгертіп, олардың нәтижеге қалай әсер ететінін бақылап көре алады. Мысалы, температураның өзгеруін газ көлеміне қалай әсер ететінін симуляциялар арқылы оп-оңай түсіндіруге болады.

3. Мультимедиялық презентациялар. Мультимедиялық презентациялар -физикалық құбылыстарды түсіндіруде тиімді құралдардың бірі болып табылады. Презентациялар арқылы мұғалім кез келген мәтін, сызба мен сурет, бейне және анимацияларды біріктіріп, оқу материалын көрнекі түрде ұсынып түсіндіре алады. Бұл оқушылардың ақпаратты жақсы қабылдауына септігін тигізеді.

4. Топтық және жобалық жұмыстар. Интерактивті оқыту әдістерінің бірі – топтық жұмыс. Оқушылар сынып ішінде топтарға бөлініп, белгілі бір физикалық құбылысты зерттеп, өз нәтижелерін қорғайды. Мұндай жұмыстар оқушылардың сыни тұрғысынан ойлауын, коммуникациялық дағдыларын және зерттеушілік қабілетін дамытуға кең мүмкіндік береді.

5. Онлайн білім беру платформалары. Қазіргі білім беру жүйесінде, оның ішінде физиканы оқытуда көптеген цифрлық платформалар қолданылады. Мұндай платформалар арқылы интерактивті тапсырмалар өз бетінше орындауға, тесттер тапсыруға және оқу материалдарын қайталап меңгеруге болады. Сонымен қатар бұл платформалар оқушылардың білімін тез арада тексеріп, бағалауға мүмкіндік береді.

6. Проблемалық сұрақтар және зерттеу тапсырмалары. Жылу физикасы бөлімін оқыту барысында проблемалық сұрақтар мен зерттеу тапсырмаларын қолдану да интерактивті оқытудың маңызды бір бөлігі болып табылады. Мұндай тапсырмалар оқушыларды сыни тұрғысынан ойлауға, болжам жасауға және ғылыми қорытынды жасауға үйретеді.

Жылу физикасы бөлімін оқытуда виртуалды зертханаларды қолдану тиімділігін арттыру үшін арнайы платформалар мен бағдарламалық құралдарды пайдалану маңызды болып табылады [5]. Мұндай платформалар оқушыларға эксперименттік жұмыстарды қауіпсіз және оңай орындауға, физикалық процестерді визуалды түрде анық көрсетуге мүмкіндік береді. Соның ішінде:

1. PhET Interactive Simulations – бұл физика, химия және биология тақырыптарын интерактивті симуляциялар арқылы оқытатын онлайн-платформа. Платформа оқушыларға тәжірибелерді виртуалды түрде орындауға, физикалық процестерді визуалды түрде көруге және эксперимент нәтижелерін талдауға мүмкіндік береді.

2. Algodoo – 2D физикалық модельдеуге арналған интерактивті платформа. Ол оқушыларға түрлі физикалық процестерді, мысалы жылу алмасу, жылу өткізгіштік, конвекцияны жүйелі түрде модельдеуге мүмкіндік береді. Оқушылар өз сценарийін құрып, осыған сәйкес параметрлерді де өзгерте алады.

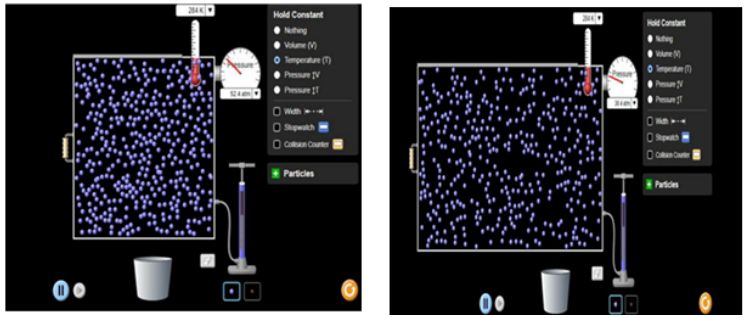
3. Tinkercad / CircuitLab – виртуалды құрал-жабдықтар мен электрлік схемаларды модельдеуге арналған платформалар. Жылу физикасында бұл платформа арқылы жылу көздерін, эксперименттік құрылғыларды және энергия алмасу процестерін виртуалды түрде анық көрсетуге болады.

4. CoCalc (Collaborative Calculation) – онлайн есептеу ортасы, онда Python, Jupyter Notebook және басқа математикалық құралдар арқылы физикалық есептеулер мен тәжірибелерді модельдеуге болады. Оқушылар деректерді графиктерге салып, эксперимент нәтижелерін өз бетінше талдай алады.

5. Labster – 3D виртуалды зертханаларды ұсынатын кәсіби платформалардың бірі. Ол оқушыларға физикалық, химиялық және биологиялық тәжірибелерді интерактивті түрде орындауға мүмкіндік береді. Платформа ғылыми зерттеу сценарийлерімен және нұсқаулықтарымен бірге келеді.

6. eFizika.ru платформасы – физика пәнін оқытуға арналған онлайн білім беру ресурсы. Бұл платформада әртүрлі виртуалдық зертханалық жұмыстар, интерактивті модельдер және физикалық құбылыстарды компьютер арқылы бақылауға мүмкіндік беретін симуляциялар орналастырылған.

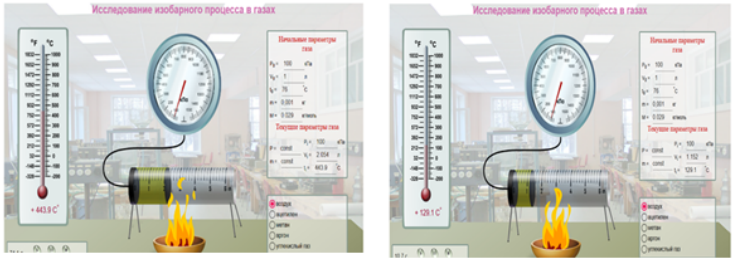
Мысалы, 10-сыныптың «Изопроцестер» тақырыбы бойынша изотермиялық процессті 1-суретте келтірілген PhET Interactive Simulations платформасы арқылы бақылауға болады [6]. Температура тұрақты болғанда газ күйінің өзгеруін изотермиялық процесс деп атайды. 1-суреттен көріп отырғандай, температура тұрақты, ал газдың көлемін кемітсек, қысымның артқанын 1 (а) суреттен көруге болады. Ал газдың көлемін арттырғанда, қысымның кемуін 1, ә-суреттен байқауға болады.



а) ә)

Сурет 1 – Изотермиялық процесті сипаттау

Изобаралық процесті eFizika.ru платформасы арқылы бақылауға болады. Газдың қысымы тұрақты болғанда жүретін термодинамикалық процессті изобаралық процесс деп аталады. Төмендегі 2, а-суреттен көріп отырғандай, газдың қысымы тұрақты, газдың температурасын арттырсақ, көлемі де артады. Ал 2, ә-суретке сәйкес газдың температурасын кемітсек, көлемі кемиді.



а) ә)

Сурет 2 – Изобаралық процесті сипаттау

Виртуалды зертханалардың келесідей артықшылықтары бар [7]:

1. Қауіпсіздік – қауіпті немесе жоғары температурада өтетін тәжірибелерді компьютер арқылы қауіпсіз орындауға мүмкіндік береді.

2. Қолжетімділік – интернеттің көмегімен кез келген уақытта және кез келген жерде пайдалануға болады.

3. Көрнекілік – молекулалардың қозғалысын, заттардың күй өзгерістерін және жылудың таралуын көрнекі түрде бақылауға жағдай жасайды.

4. Қайталау мүмкіндігі – тәжірибелерді бірнеше рет қайталап, әртүрлі параметрлерді өзгерту арқылы нақты қорытынды жасауға болады.

Қазіргі білім беру жүйесінде интерактивті технологиялар физика пәнінің, соның ішінде жылу физикасы бөлімін оқытуда маңызды орын алады. Мұндай технологиялар оқушылардың тек теориялық білімін жетілдіріп қана қоймай, олардың зерттеушілік және сыни ойлау қабілеттерін дамытуға да ықпал етеді. Виртуалды зертханалар, онлайн симуляциялар және мультимедиялық құралдар оқушыларға тәжірибе жүргізуге, ақпаратты талдауға және өздігінен қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Осындай технологияларды қолдану нәтижесінде оқушыларда келесі негізгі дағдылар қалыптасады:

1. Сыни тұрғысынан ойлау дағдылары. Сыни ойлау – ақпаратты тек қабылдап қана қоймай, оны салыстыру, талдау және бағалау қабілеті. Интерактивті технологиялар арқылы оқушылар физикалық құбылыстардың себептерін тереңірек түсініп, деректерді салыстыруға және негізделген қорытынды жасауға үйренеді. Мысалы, виртуалды зертханада әртүрлі материалдардың жылу өткізгіштігін салыстыру барысында «неліктен металл жылуды тез өткізеді, ал ағаш баяу өткізеді?» деген сұраққа жауап іздейді. Мұндай жұмыстар табиғи құбылыстарды ғылыми тұрғыдан түсінуге көмектеседі.

2. Зерттеушілік дағдылар. Зерттеушілік әрекет оқушылардың тәжірибе жүргізу, болжам жасау, деректерді жинақтау және нәтижелерді талдау қабілеттерін дамытады. Мысалы, PhET платформасындағы «Heat and Temperature» симуляциясын пайдалану арқылы оқушылар денелерді қыздыру процесін бақылап, температура мен жылу мөлшерінің арасындағы байланысты зерттей алады. Бұл олардың дербес зерттеу жүргізуіне және тәжірибе нәтижелеріне сүйене отырып қорытынды жасауына мүмкіндік береді.

3. Логикалық ойлау дағдылары. Логикалық ойлау физикалық құбылыстар арасындағы себеп-салдар байланыстарын түсінуге негіз болады. Мысалы, газдың қысымы мен көлемінің өзгерісін бақылау кезінде оқушылар «көлем азайғанда қысым неге артады?» немесе «температура артқанда молекулалардың қозғалысы қалай өзгереді?» деген сұрақтарға жауап іздейді. Осындай тапсырмалар оқушылардың ойлау жүйесін дамытады.

4. Коммуникациялық дағдылар. Коммуникация дағдылары оқушылардың өз ойын анық жеткізуіне, топта жұмыс істеуіне және тәжірибе нәтижелерін талқылауына көмектеседі. Топтық жұмыстар барысында оқушылар пікір алмасып, ортақ шешім қабылдауға үйренеді, сондай-ақ өз нәтижелерін сынып алдында түсіндіреді.

5. Математикалық және аналитикалық дағдылар. Интерактивті технологияларды қолдану оқушыларға деректерді сандық түрғыда талдауға, формулаларды қолдануға және графиктер құруға мүмкіндік береді. Мысалы, газ қысымы мен көлемінің тәуелділігін график түрінде көрсету немесе алынған нәтижелерді формулалар арқылы тексеру олардың аналитикалық ойлау қабілетін дамытады.

6. Шығармашылық дағдылар. Оқушыларға тәжірибе сценарийін құруға, параметрлерді өзгертуге және әртүрлі тәсілдерді қолдануға мүмкіндік беріледі. Мысалы, Algodoo немесе Labster платформаларында түрлі жағдайларды модельдеу арқылы оқушылар эксперимент нәтижелерін өзгертіп көре алады. Бұл олардың шығармашылық ойлауын дамытуға әсер етеді. Сонымен қатар виртуалды зертханаларда жеке жұмыс жасау оқушыларға өз бетінше қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Жылу физикасы бөлімін оқытуда интерактивті технологияларды пайдалану қазіргі білім беру талаптарына сәйкес оқушылардың оқу үдерісіндегі белсенділігін арттырады. Виртуалды зертханалар мен онлайн симуляциялар тәжірибелерді қауіпсіз әрі ыңғайлы орындауға жағдай жасайды. Ал мультимедиялық құралдар, топтық және жобалық жұмыстар оқушылардың сыни ойлау, зерттеушілік, коммуникациялық және шығармашылық дағдыларын дамытуға ықпал етеді.

Қорытындылай келе, жылу физикасын оқытуда интерактивті технологияларды қолдану оқушылардың ғылыми ойлау қабілетін дамытып, оқу процесін заманауи талаптарға сай тиімді ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Полат Е.С., Кузнецова Н.Е., Баженова И.В. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования. – Москва: Академия, 2019. – 368 б.

2 Кронгарт Б.А., Насохова Ш.Б. Физика. Жалпы білім беретін мектептің 8-сыныбына арналған оқулық. – Алматы: Мектеп, 2018. – 232 б.

3 Кронгарт Б.А., Қазақбаева Д.М., т.б. Физика: Жалпы білім беретін мектептің жаратылыстану-математика бағытындағы 10-сыныбына арналған оқулық. – Алматы: Мектеп, 2019. – 280 б.

4 Қойшыбаева А.Қ., Бекбаева Н.Ш., Сейітқазиева Г.А. Физиканы оқытуда ақпараттық технологияларды қолданудың тиімді жолдары. – Алматы: Қазақ университеті, 2020. – 145 б.

5 Adanır G., Akmatbekova A., Muhametjanova G. University Learners' Motivation and Experiences Using Virtual Laboratories in a Physics Course // Canadian Journal of Learning and Technology. – 2022. – No. 2(48). – P. 1-15.

6 https://phet.colorado.edu/

7 Сағындықова Р.Т. Физика сабақтарында виртуалды зертханаларды қолданудың педагогикалық аспектілері // «Білім беруді цифрландыру» халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары. – Астана, 2022. – 85–90 б.

Секция 4
Компьютерлік ғылымдар саласындағы зерттеулер
Исследования в области компьютерных наук

VEHICLE CLASSIFICATION ON TOLL ROADS VIA COMPUTER VISION: A MACHINE LEARNING APPROACH

AMANBAYEV B.
Master's Computer science and Engineering, Astana IT University, Astana
MYRZAKERIMOVA A.
PhD in Information Systems Department of Computer Engeneering, Astana IT University, Astana

We talk about edge computing deployment, the FHWA 13-class standard, and ways to deal with challenging environmental conditions. The suggested system provides an affordable, scalable, and non-intrusive substitute for conventional sensor-based toll classification. Worldwide, toll road networks bring in billions of dollars annually and are essential infrastructure for financing the building and upkeep of highways. Since toll rates are usually differentiated by vehicle type, size, and axle configuration, accurate vehicle classification is essential to toll collection. Based on axle count and vehicle configuration, the U.S. Federal Highway Administration (FHWA) establishes a 13-class vehicle taxonomy that

ranges from motorcycles (Class 1) to multi-trailer trucks with seven or more axles.

Conventional toll plaza vehicle classification is based on invasive sensor technologies. The overall classification accuracy of inductive loop detectors, which are embedded in pavement and use electromagnetic induction to detect vehicles, is only about 94.1% [Rajab et al., 2014]. Although they are sensitive to temperature, pavement conditions, and vehicle speed, piezoelectric sensors provide axle-based detection with reported accuracies of 95–97%. These invasive techniques have several drawbacks, including the need for pavement cuts for installation, mechanical wear, frequent maintenance, and traffic disruption during installation and repair. A compelling non-intrusive alternative that can classify cars using overhead or roadside cameras without making physical contact with the road surface is provided by the development of computer vision and deep learning technologies.

Multi-class discrimination between visually similar categories, real-time processing at highway speeds (usually >30 FPS), environmental robustness under changing illumination, weather, and occlusion, and scalability across multiple toll lanes with minimal per-lane infrastructure are all aspects of the challenge of vision-based vehicle classification for toll roads. This paper proposes a two-stage system architecture, compares state-of-the-art models, discusses edge computing deployment strategies, and provides a thorough survey of deep learning approaches for toll road vehicle classification.

Vehicle classification relied on manual feature extraction in conjunction with conventional machine learning classifiers before the advent of deep learning. On limited datasets, the combination of Support Vector Machines (SVMs) and Histogram of Oriented Gradients (HOG) features produced classification accuracies between 85 and 90% (Nasir et al., 2021). Nevertheless, “image processing and pattern recognition-based vehicle classification systems...” are trained on limited handcrafted features extracted from small datasets, which do not cater the real-time road traffic conditions, according to Nasir et al. (2021). CNNs consistently achieve >95% accuracy, demonstrating the superior performance of deep learning techniques.

Several iconic architectures serve as the cornerstone of contemporary vehicle classification. Region-based techniques, like Faster R-CNN (Ren et al., 2015), create region proposals via a Region Proposal Network and accurately classify each proposal, but they add latency that is problematic for real-time toll applications. Real-time speeds are achieved by single-

shot techniques such as SSD (Liu et al., 2016) and YOLO (Redmon et al., 2016), which treat frame detection as a single regression problem. YOLO divides images into a grid and simultaneously predicts bounding boxes and class probabilities; accuracy and speed have steadily increased in later iterations (YOLOv2 through YOLOv10). For state-of-the-art efficiency, EfficientDet (Tan et al., 2020) uses a weighted bi-directional feature pyramid network with compound scaling. ResNet introduced residual connections for classification backbones, allowing training. For classification backbones, ResNet introduced residual connections enabling training of very deep networks (50-152 layers), widely used for vehicle classification feature extraction.

The MIO-TCD dataset (Luo et al., 2018), which includes 786,702 annotated photos taken from traffic cameras throughout North America with 11 vehicle classes—articulated trucks, buses, single-unit trucks, work vans, cars, SUVs, pickups, and motorcycles—is especially pertinent for toll road applications. CompCars offers 136,726 images for fine-grained make/model recognition, whereas the BIT-Vehicle dataset offers 9,850 images in six coarse vehicle categories. For multi-object vehicle tracking, the UA-DETRAC dataset offers 140,000 frames.

The classification of toll road vehicles has been the focus of several studies. Rajput et al. (2022) demonstrated the viability of deep learning by creating an automatic vehicle identification system for toll management using YOLOv3. An Indonesian toll road study applied transfer learning with pre-trained ResNet models for vehicle classification by axle count, achieving significant accuracy improvements through fine-tuning [Sulistyaningrum et al., 2019]. More recently, a YOLOv8-based axle detection system achieved accuracy of 0.954, recall of 0.972, and mAP@50 of 0.987 for toll vehicle axle classification [Saefudin et al., 2024].

For the deployment of toll roads, we suggest a two-stage vehicle classification system. In the first stage, vehicles in the camera field of view are identified and localized using a single-shot detector (YOLOv8), which generates bounding box coordinates and preliminary coarse class predictions. A ResNet-50 classifier that has been adjusted for toll-specific categories in accordance with FHWA standards receives cropped vehicle regions in the second stage.

YOLOv8, which was chosen for its ideal ratio of accuracy to inference speed, is used by the detection module. The architecture uses decoupled detection heads for classification and localization, a Path Aggregation Network (PANet) neck for feature fusion, and a

CSPDarknet53 backbone for multi-scale feature extraction to process input images at 640x640 resolution. In order to provide consistent viewpoints for the deployment of toll lanes, cameras are positioned overhead at a vertical angle of 15 to 30 degrees. Detections below a confidence threshold of 0.5 are filtered.

ResNet-50, which has been pre-trained on ImageNet and refined on toll-specific vehicle categories, is used in the classification module. Global average pooling is used to manage variable input sizes, dropout layers (p = 0.3) are added for regularization, and the final fully-connected layer is replaced with a classification head that matches the target number of classes. Class A (motorcycles), Class B (passenger cars, 2-axle/4-tire), Class C (medium trucks and buses, 2-axle/6-tire), Class D (large buses and 3-axle trucks), Class E (heavy trucks, 4+ axles), and Class F (tractor-trailers and multi-trailer combinations) are the classification categories that correspond to toll rate structures.

This data pipeline has incorporated the camera calibration required for perspective correction and used adaptive histogram equalisation to improve low-light level performance. Data augmentation was performed on the training data in the form of random flips, colour jitter, Gaussian noise, random occlusion, and brightness/contrast modification. When temporal smoothing was applied via a multi-frame voting scheme (of consecutive detections), this reduced the occurrence of sporadic misclassification considerably. The integration of the system with toll infrastructure includes vehicle tracking based on IoU (intersection over union), lane association, confidence score-based transaction logging, and exception handling for manual review of low-confidence classifications. Analysis of results found in the published literature show the continual improvement in performance of deep learning methods applied to the MIO-TCD benchmark dataset. Traditional machine learning techniques (SVM+HOG) managed to obtain around 85 - 90% accuracy [Nasir et al., 2021]. The best ten teams from the 2018 MIO-TCD Challenge achieved kappa scores greater than 96% using CNN-based approaches [Luo et al., 2018]. An ensemble approach combining GMM and CNNs reached 99.13% and 99.28% accuracy on the MIO-TCD and BIT-Vehicle datasets respectively [Abdulghafoor & Tawfeeq, 2021]. ResNet-101 exhibited remarkable robustness to changes in lighting conditions, as it was able to maintain an accuracy of 99.60% under noisy environments versus 99.68% under clean environments [Nasir et al., 2021]. A recent architecture which combines depthwise-separable convolutions with attention mechanisms in a lightweight DSICBAMNet model, has been

shown to have equivalent performance on the MIO-TCD dataset with a significantly lower model footprint [Yang et al., 2025].

Table 1 – Comparative Performance of Deep Learning Architectures for Vehicle Classification

№	Architecture	Typical mAP	Inference Speed	Model Size	Best Use Case
1	Faster R-CNN + ResNet-101	85-92%	5-15 FPS	~170 MB	High-accuracy offline analysis
2	SSD + MobileNet	75-83%	30-60 FPS	~25 MB	Edge deployment
	YOLOv5-Large	88-95%	30-50 FPS	~90 MB	Balanced accuracy/ speed
	YOLOv8	90-98.7%	40-80 FPS	25–70 MB	State-of-the-art real-time
	EfficientDet-D3	86-91%	20-35 FPS	~50 MB	Efficient multi-scale detection

Key findings include: YOLOv8 achieved the best overall performance with mAP@50 of 0.987 for axle-based classification [Saefudin et al., 2024]; transfer learning improved accuracy from 71% to 95% after fine-tuning on custom datasets [Mahaur & Mishra, 2022]; and ensemble methods combining EfficientDet and YOLOv8 achieved robust detection across multiple vehicle types.

4.3 Adverse Conditions

Performance under real-world conditions varies considerably. Low illumination causes 2-7% accuracy drops, mitigated by infrared cameras and image enhancement techniques. Rain and fog introduce 3-10% degradation, addressable through data augmentation with synthetic weather effects. Partial occlusion reduces accuracy by 5-15%, countered by multi-angle cameras and temporal tracking. A Thailand toll road case study reported overall accuracy of 91-99%, with 93.7% under noisy lighting and 99.6% in clear conditions [Barreyro, 2022].

5. Edge Computing Deployment

To successfully deploy and monetise toll roads in real-time, it is critical to achieve efficient inference on edge computing platforms. For example, Adepu et al. (2024) validated the applicability of using YOLOv4-tiny and MobileNet-SSD (via NVIDIA's Jetson Nano (~$100/ unit)) for single-lane deployment by achieving approximately 22 frames per second (FPS). In comparison, by using full YOLOv8 models, NVIDIA's Jetson Xavier achieved greater than 30 FPS, which would allow deployment onto multi-lane plazas. The application of advanced

model optimising techniques (e.g., pruning (50-80% reduction in model size), INT8 quantisation (4× model capacity reduction), knowledge distillation) will allow accurate model deployment to be possible on hardware with limited processing capabilities. Additionally, Akhtar & Parveen (2021) have shown that lightweight CNNs with fewer than 50 features per layer can deliver performance required for competitive recognition accuracy without reliance on GPU acceleration.

6. Discussion and Conclusion

Vehicle classification using vision has many benefits such as no additional hardware required to install and multi-functionality (simultaneous vehicle classification, reading license plates and counting vehicles). In addition, it is adaptable (due to software) and has a good audit trail for analysis. However, there are still several limitations to vision systems such as sensitivity to weather than intrusive sensors, occlusion problems with heavy traffic, difficulty of separating those FHWA classes that are different only by the configuration of the axles without the use of supplemental cameras, and the need to comply with privacy regulations.

We recommend utilizing a hybrid solution which uses overhead vision-based deep learning classification as the primary method of classifying vehicles and auxiliary methods to validate trucks using either side mounted cameras or dutch treadles for axle counts, as well as using license plate recognition tied to vehicle registration databases to validate disputes. This will allow you to overcome many of the limitations associated with pure vision systems, while still being cost effective and scalable.

Promising future developments will include vision-language models for zero-shot classification; LiDAR-camera fusion for volumetric classification of road users; federated learning between multiple toll facilities; synthetic data generation using GANs for infrequent classes of vehicles; and transformer-based architectures, including Vision Transformers and DETR, to enhance understanding of vehicles in their global context.

In summary, deep learning methods, especially YOLOv8 and ResNet-based architectures, produce classification accuracies of greater than 96% according to common benchmark datasets. Combinations of classification algorithms or ensembles can achieve classification accuracies of 99.13%. Transfer learning has provided an effective means for quickly adapting trained models to new domains, showing improvements from 71% to about 95% accuracy. Edge computing

provides real-time deployment at rates of 22 to 80 frames per second per lane, while offering sensor solutions that are substantially less expensive than traditional sensors. As these capabilities continue to develop, vision-based vehicle classifications will become the standard for future toll road systems.

REFERENCES

1 Abdulghafoor, N. H., & Tawfeeq, H. A. (2021). Moving vehicle detection and classification using Gaussian mixture model and ensemble deep learning. Mathematical Problems in Engineering, 2021, Article 5590894. https://doi.org/10.1155/2021/5590894

2 Adepu, A. K., Sahoo, S. P., & Ari, S. (2024). AI on the road: NVIDIA Jetson Nano-powered computer vision-based system for real-time pedestrian and vehicle detection. Applied Sciences, 14(4), Article 1440. https://doi.org/10.3390/app14041440

3 Akhtar, M. N., & Parveen, R. (2021). DeepThin: A novel lightweight CNN architecture for traffic sign recognition without GPU. Expert Systems with Applications, 186, Article 116158. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116158

4 Barreyro, M. A. (2022). Vehicle classification based on binary images of optical barriers using convolutional neural networks [Master's thesis, University of São Paulo](pp. 33-37). https://doi.org/10.11606/d.3.2022.tde-27052022-081725

5 Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C.-Y., & Berg, A. C. (2016). SSD: Single shot multibox detector. In B. Leibe, J. Matas, N. Sebe, & M. Welling (Eds.), Computer Vision – ECCV 2016 (pp. 21–37). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0_2

6 Luo, Z., Branchaud-Charron, F., Lemaire, C., Konrad, J., Li, S., Mishra, A., Achkar, A., Eber, J., & Granber, R. (2018). MIO-TCD: A new benchmark dataset for vehicle classification and localization. IEEE Transactions on Image Processing, 27(10), (pp. 5129-5141). https://doi.org/10.1109/TIP.2018.2848705

7 Mahaur, B., & Mishra, K. K. (2022). Real-time vehicle classification and tracking using a transfer learning-improved deep learning model. Sensors, 22(10), Article 3813. https://doi.org/10.3390/s22103813

8 Nasir, J. A., Khan, O. S., & Varlamis, I. (2021). Convolutional neural network based vehicle classification in adverse illuminous conditions for intelligent transportation systems. Complexity, 2021, Article 6644861. https://doi.org/10.1155/2021/6644861

9 Rajab, S. A., Othman, M. O., & Perneel, C. (2014). A single-element piezoelectric sensor for vehicle classification. Sensors and Actuators A: Physical, 218, (pp. 68-78).

10 Rajput, S. K., Rajput, T. S., Thakur, S., & Gupta, A. (2022). Automatic vehicle identification and classification model using the YOLOv3 algorithm for a toll management system. Sustainability, 14(15), Article 9163. https://doi.org/10.3390/su14159163

11 Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 779–788). https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91

12 Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 39(6), (pp. 1137-1149). https://doi.org/10.1109/TPAMI.2016.2577031

13 Saefudin, A., Pratama, R., & Hidayat, S. (2024). Enhanced vehicle classification via axle-based deep learning models using YOLOv8. In Proceedings of the IEEE International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)(pp. 11-14). https://doi.org/10.1109/ISRITI64779.2024.10963458

14 Sulistyaningrum, D. A., Setiyono, B., & Kamilah, R. (2019). Indonesia toll road vehicle classification using transfer learning with pre-trained ResNet models. In Proceedings of the IEEE International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI). https://doi.org/10.1109/ISRITI48646.2019.9034630

15 Tan, M., Pang, R., & Le, Q. V. (2020). EfficientDet: Scalable and efficient object detection. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 10781–10790).

16 Yang, Z., Chen, H., & Liu, S. (2025). DSICBAMNet: Lightweight vehicle classification on MIO-TCD. PLoS ONE. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0335967

МОБИЛЬДІ ҚОСЫМШАЛАР ТАҚЫРЫБЫН ЖАҢА ҚОСЫМША ҚҰРУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНЫП ОҚЫТУ ӘДІСТЕМЕСІ

АНАРҚҰЛ Г. С.
педагогика ғылымдарының магистрі, информатика пәнінің мұғалімі, Орталық Азия инновациялық университеті, Шымкент қ.

Мобильді қосымшаларды әзірлеу технологияларын білім беру үдерісіне енгізу қазіргі цифрлық қоғам талаптарына сай оқытудың мазмұны мен әдістерін жаңғыртады. Бұл бағыт білім алушылардың цифрлық құзыреттілігін қалыптастырумен қатар, олардың алгоритмдік ойлауын, бағдарламалау сауаттылығын және практикалық міндеттерді шешу қабілетін дамытуға мүмкіндік береді. Оқыту барысында мобильді қосымшаларды жобалау, интерфейс әзірлеу, деректермен жұмыс істеу және функционалдық мүмкіндіктерді іске асыру кезеңдері жүйелі түрде меңгеріледі. Осы үдерісте теориялық білім мен практикалық тәжірибенің өзара сабақтастығы қамтамасыз етіледі.

Сонымен қатар, заманауи педагогикалық тәсілдерді, соның ішінде жобалық оқытуды, тәжірибеге бағытталған тапсырмаларды және топтық жұмысты қолдану білім алушылардың танымдық белсенділігін арттырады. Мобильді қосымшаларды әзірлеу үдерісі білім алушылардың шығармашылық ізденісін дамытып, оларды нақты өмірлік және кәсіби жағдаяттарға бейімдейді. Нәтижесінде білім беру үдерісінде мобильді технологияларды тиімді пайдалану оқу сапасын арттырып қана қоймай, болашақ мамандардың кәсіби даярлығы мен бәсекеге қабілеттілігін күшейтеді.

Қазіргі қоғамда ақпараттық технологиялардың қарқынды дамуы білім беру жүйесіне жаңа талаптар қоюда. Әсіресе мобильді технологиялардың кеңінен таралуы оқыту процесін ұйымдастырудың жаңа тәсілдерін енгізуге мүмкіндік беріп отыр. Бүгінде мобильді құрылғылар тек байланыс құралы ғана емес, сонымен қатар білім алудың тиімді платформасына айналды [2, 15-б.].

Мобильді қосымшаларды білім беру саласында қолдану оқыту сапасын арттырып, білім алушылардың пәнге деген қызығушылығын арттырады. Осыған байланысты мобильді қосымшаларды құру технологияларын оқыту қазіргі заманғы білім берудің маңызды бағыттарының бірі болып табылады.

Мобильді қосымшаларды әзірлеу технологияларын оқыту студенттердің цифрлық құзыреттілігін дамытуда ерекше орын

алады. Цифрлық құзыреттілік – бұл ақпараттық технологияларды тиімді пайдалану, бағдарламалау негіздерін меңгеру және ақпараттық жүйелермен жұмыс істеу қабілеті [1, 28-б.].

Мобильді қосымшаларды әзірлеу – күрделі әрі көпқырлы процесс. Ол бірнеше негізгі кезеңдерден тұрады: бағдарламалау, интерфейс жобалау, деректер қорын ұйымдастыру және бағдарламалық архитектураны құру [4, 63-б.]. Бұл процесті меңгеру үшін білім алушылар теориялық біліммен қатар практикалық дағдыларды да игеруі тиіс.

Сонымен қатар, мобильді қосымшаларды оқыту барысында жүйелік ойлау қабілеті қалыптасады. Студенттер бағдарламалық өнімді толық цикл бойынша әзірлеуді үйренеді, яғни идеядан бастап дайын өнімге дейінгі барлық кезеңдерді меңгереді. Бұл олардың кәсіби деңгейін арттыруға ықпал етеді.

Мобильді қосымшаларды әзірлеуді оқыту мазмұны білім алушылардың тек бағдарламалау тілдерін меңгеруімен шектелмейді. Бұл үдеріс қосымшаның құрылымын жобалау, пайдаланушы интерфейсін құрастыру, функционалдық мүмкіндіктерін анықтау, деректермен жұмыс істеу және дайын өнімді тестілеу кезеңдерін кешенді түрде қамтиды. Осындай мазмұндық бірізділік білім алушылардың теориялық білімін практикалық әрекетпен ұштастырып, олардың бағдарламалық өнімді жүйелі түрде әзірлеу дағдысын қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Сонымен бірге, мобильді қосымшаларды оқытуда қолданылатын цифрлық құралдар мен оқу ортасының мүмкіндіктері де маңызды рөл атқарады. Арнайы бағдарламалау орталарын, визуалды интерфейс құрастыру құралдарын және тәжірибеге бағытталған тапсырмаларды тиімді пайдалану білім алушылардың оқу материалына қызығушылығын арттырып, күрделі ұғымдарды жеңіл меңгеруіне жағдай жасайды. Мұндай тәсіл олардың өз бетінше іздену белсенділігін күшейтіп қана қоймай, нақты жобаларды орындау арқылы кәсіби даярлығының нығаюына да ықпал етеді.

Қазіргі таңда мобильді қосымшаларды құруда әртүрлі технологиялар қолданылады. Олардың ішінде native және кросс-платформалық тәсілдер ерекше орын алады [5, 112-б.].

Native технологиялар белгілі бір операциялық жүйеге арналған қосымшаларды әзірлеуге бағытталған. Мысалы, Android үшін Java немесе Kotlin тілдері, ал iOS үшін Swift тілі қолданылады. Бұл тәсіл жоғары өнімділік пен тұрақтылықты қамтамасыз етеді.

Ал кросс-платформалық технологиялар бір код негізінде бірнеше операциялық жүйеге арналған қосымшалар жасауға мүмкіндік береді. Мысалы, Flutter және React Native платформалары қазіргі уақытта кеңінен қолданылуда. Бұл тәсіл уақыт пен ресурсты үнемдеуге мүмкіндік береді [4, 118-б.].

Native және кросс-платформалық технологияларды оқыту барысында олардың әрқайсысының артықшылықтары мен шектеулерін салыстырып көрсету маңызды. Native тәсіл қосымшаның жоғары өнімділігін, тұрақтылығын және операциялық жүйе мүмкіндіктерін толық пайдалануды қамтамасыз етсе, кросс-платформалық тәсіл уақыт пен ресурсты үнемдеуге мүмкіндік береді. Оқыту тәжірибесінде кросс-платформалық орталар білім алушыларға қысқа мерзім ішінде бірнеше платформаға арналған қолданбалар құрастыруды меңгеруге жағдай жасайды. Сондықтан технологияны таңдау оқу мақсатына, дайындық деңгейіне және күтілетін нәтижеге байланысты айқындалады.

Мобильді қосымшаларды оқыту барысында тиімді педагогикалық әдістерді қолдану маңызды. Солардың бірі – жобалық оқыту әдісі. Бұл әдіс білім алушылардың нақты мәселені шешуге бағытталған жобалар орындауын көздейді [2, 87-б.].

Жобалық оқыту барысында студенттер мынадай әрекеттерді орындайды:

– мәселені талдайды;
– шешу жолдарын ұсынады;
– бағдарламалық өнім әзірлейді;
– нәтижесін қорғайды.

Бұл олардың шығармашылық және сыни ойлау қабілеттерін дамытады.

Жобалық оқыту әдісі білім алушылардың тек техникалық білімін жетілдіріп қана қоймай, олардың зерттеушілік және ұйымдастырушылық қабілеттерін де дамытады. Жоба орындау барысында студенттер уақытты жоспарлау, міндеттерді кезең-кезеңімен бөлу, нәтижені талдау және оны көпшілік алдында ұсыну дағдыларын меңгереді. Бұл дағдылар мобильді қосымшаларды әзірлеу саласында ғана емес, жалпы кәсіби қызметте де маңызды рөл атқарады.

Сонымен қатар, тәжірибелік тапсырмалар да маңызды рөл атқарады. Практикалық жұмыстар барысында білім алушылар шағын мобильді қосымшалар құрастырып, өз білімдерін бекітеді [3, 74-б.].

Командалық жұмыс та оқыту процесінің тиімділігін арттырады. Топпен жұмыс істеу арқылы студенттер бір-бірінен үйреніп, коммуникациялық дағдыларын дамытады. Бұл болашақ кәсіби қызметте өте маңызды.

Мобильді қосымшаларды оқыту бірнеше кезеңнен тұрады:

1. Теориялық кезең. Бұл кезеңде білім алушылар мобильді қосымшалардың құрылымы, бағдарламалау тілдері және негізгі ұғымдар туралы білім алады.

2. Практикалық кезең. Білім алушылар арнайы ортада (Android Studio, Flutter) қарапайым қосымшалар әзірлейді.

3. Жобалық кезең. Бұл кезеңде студенттер топпен жұмыс істеп, күрделі жобаларды орындайды. Мысалы:

– оқу кестесін басқару қосымшасы;

– тестілеу жүйесі;

– тапсырмалар менеджері.

Бұл кезең білім алушылардың кәсіби дағдыларын қалыптастыруда ерекше маңызды [2, 102-б.].

Оқыту нәтижесін бағалау да әдістеменің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Бағалау кезінде тек дайын өнімнің сыртқы көрінісі ғана емес, сонымен бірге қолданбаның функционалдығы, интерфейстің қолайлылығы, кодтың құрылымы, деректермен жұмыс істеу сапасы және жобаны қорғау деңгейі ескерілуі тиіс. Мұндай кешенді бағалау білім алушылардың практикалық нәтижесін жан-жақты анықтауға мүмкіндік береді [1, 60-б.].

Мобильді қосымшаларды оқытуда мұғалімнің рөлі де ерекше. Оқытушы білім алушыларға тек теориялық ақпарат беріп қана қоймай, олардың жобалық қызметін ұйымдастырушы, кеңесші және бағыт беруші ретінде әрекет етеді. Әсіресе күрделі тапсырмалар барысында оқытушының дер кезінде кері байланыс беруі, қателерді түзетуге көмектесуі және ынталандыруы оқу сапасын арттырады [2, 95-б.].

Сонымен бірге, бұл бағытты тиімді оқыту үшін тиісті материалдық-техникалық база қажет. Заманауи компьютерлер, бағдарламалау ортасы, мобильді құрылғылар немесе эмуляторлар, тұрақты интернет желісі және бұлттық сервистермен жұмыс істеу мүмкіндігі оқу процесінің сапасына тікелей әсер етеді. Осындай жағдайлар жасалған кезде білім алушылар теориялық білімін тезірек практикамен ұштастырады [3, 81-б.].

Мобильді қосымшаларды әзірлеуді оқыту білім алушылардың тек техникалық қабілетін ғана емес, сонымен қатар уақытты

жоспарлау, топ ішінде міндеттерді бөлу, нәтижені ұсыну және цифрлық ортада коммуникация жасау дағдыларын да қалыптастырады. Сондықтан бұл пән пәнаралық байланыстарды күшейтіп, білім алушының болашақ кәсіби ортаға бейімделуіне нақты мүмкіндік береді.

Қорытындылай келе, мобильді қосымшаларды әзірлеу технологияларын білім беру үдерісінде қолдану білім алушылардың цифрлық құзыреттілігін қалыптастырудың тиімді бағыттарының бірі болып табылады. Бұл үдеріс олардың бағдарламалау негіздерін меңгеруіне, алгоритмдік ойлауын дамытуына, интерфейс құрастыру және практикалық міндеттерді шешу дағдыларын жетілдіруіне мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мобильді қосымшаларды оқытуда теориялық білім мен практикалық әрекеттің өзара байланысы қамтамасыз етіліп, білім алушылардың шығармашылық белсенділігі мен танымдық қызығушылығы артады [1, 60-б.].

Заманауи педагогикалық тәсілдерді, соның ішінде жобалық оқыту, тәжірибеге бағытталған тапсырмалар және командалық жұмыс элементтерін тиімді пайдалану оқыту нәтижелілігін күшейтеді. Мұндай тәсілдер білім алушылардың өз бетінше ізденуіне, бірлесіп әрекет етуіне және нақты нәтижеге бағдарлануына жағдай жасайды. Соның нәтижесінде мобильді қосымшаларды әзірлеуді оқыту болашақ мамандардың кәсіби даярлығын жетілдіріп қана қоймай, олардың еңбек нарығындағы бәсекеге қабілеттілігін арттыруға ықпал етеді.

Осыған байланысты мобильді қосымшаларды оқыту әдістемесін жетілдіру, оқу мазмұнын заманауи цифрлық құралдармен толықтыру және оқыту процесінде инновациялық технологияларды кеңінен қолдану білім беру жүйесінің өзекті міндеттерінің бірі болып табылады.

Сонымен қатар, мобильді қосымшаларды әзірлеуді оқыту студенттердің еңбек нарығында сұранысқа ие маман болуына ықпал етеді. Сондықтан бұл бағыттағы оқыту әдістемесін жетілдіру өзекті мәселелердің бірі болып қала береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Бидайбеков Е.Ы. Информатиканы оқыту әдістемесі. – Алматы, 2018. – 150 б.

2. Полат Е.С. Современные педагогические технологии. – Москва, 2017. – 320 б.

3. Сейітқалиева А.Б. Ақпараттық технологиялар негіздері. – Алматы, 2020. – 200 б.

4. Sommerville I. Software Engineering. – Boston, 2016. – 800 p.

5. Pressman R. Software Engineering: A Practitioner's Approach. – New York, 2014. – 750 p.

ИССКУСТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ГЛАЗАМИ УЧЕНИКА

ЕРМЕКОВА А. А.
магистр естественнонаучных дисциплин, учитель-эксперт информатики НИШ ЕМН, г. Павлодар
КАЙРУЛЛА М. К.
магистрант, университет имени С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск
ЕРЕНБЕК А. Р.
учитель информатики, НИШ ЕМН, г. Павлодар

Стремительное развитие технологий искусственного интеллекта, в частности генеративных моделей, таких как OpenAI и её инструмент ChatGPT, трансформирует образовательную среду и меняет характер учебной деятельности [1, с.21-22]. Современные обучающиеся получают доступ к интеллектуальным системам, способным генерировать тексты, объяснения алгоритмов, программный код, аналитические выводы и даже учебные задания. В связи с этим перед педагогическим сообществом встаёт вопрос: может ли генеративный искусственный интеллект стать не только инструментом получения готовых ответов, но и средством развития мышления более высокого уровня? [2, с.2-6].

В современной научной литературе проблема использования генеративного искусственного интеллекта в образовании рассматривается с различных сторон. Исследователи анализируют как его потенциал в развитии когнитивных и метакогнитивных навыков обучающихся, так и возможные риски, связанные со снижением самостоятельности и качества обучения. Например, Zhao Y. et al. (2025) в своём мета-анализе 29 исследований рассматривают влияние генеративного ИИ на развитие высших когнитивных навыков (HOTS). Авторы приходят к выводу, что использование GenAI оказывает умеренно положительный эффект, особенно на навыки решения проблем и критического мышления, которые тесно связаны с метакогнитивными процессами (самоконтроль, рефлексия, осознание стратегии обучения). В целом GenAI рассматривается как

инструмент, способствующий развитию метакогнитивных навыков при условии его осмысленной интеграции в образовательный процесс. [3, с.6-11]. В ряде современных исследований особое внимание уделяется эмпирической проверке влияния генеративного искусственного интеллекта на развитие высших когнитивных и метакогнитивных навыков обучающихся. Так, Song D. и соавторы показывают, что интеграция GenAI в рамках OBE-подхода способствует развитию критического мышления, навыков решения проблем и AI-грамотности студентов. В свою очередь, Oiva-Córdova L.M. и коллеги на основе квазиэкспериментального исследования демонстрируют значимый рост у обучающихся по таким уровням таксономии Блума, как анализ, оценка и применение, особенно при использовании структурированных воркшопов с генеративным ИИ. В целом данные исследования сходятся в том, что GenAI является эффективным инструментом развития высших когнитивных навыков при условии его целенаправленного и методически выстроенного применения в образовательном процессе [4, С. 3–7)], [5, С. 5–9].

В начале учебного года группа учителей информатики НИШ ЕМН г.Павлодара провели исследование, основная задача которого было выявить влияние ИИ на качество обучения в старших классах. В данное статье освящается часть исследования, которое проводилось с сентября по март текущего учебного года. Анкетирование учащихся проводилось в рамках педагогического исследования, направленного на изучение применения различных инструментов искусственного интеллекта в образовательном процессе и их влияния на качество обучения. Целью опроса было выявление восприятия школьниками возможностей ИИ, в том числе оценки того, насколько искусственный интеллект может поддерживать или заменять функции учителя. Полученные данные позволили проанализировать мнение учащихся о роли ИИ в классе и определить ключевые факторы, влияющие на эффективность его применения в учебной деятельности. В данной статье мы хотим ознакомить с некоторыми результатами анкетирования учащихся старших классов школы.

Цель анкетирования была выявить процент влияния ИИ на успешность обучения с точки зрения учащихся.

Основную часть выборки составили учащиеся 9–12 классов (74 учащихся), что позволяет считать результаты репрезентативными для старшей и основной школы, где ИИ используется учащимися

осознанно. При разработки вопросов были соблюдены методические требования:

- единые условия проведения – анкетирование должно проходить в одинаковых условиях для всех участников.

ограниченное время выполнения – обычно 10–15 минут.

пилотное тестирование анкеты – рекомендуется провести пробное анкетирование для выявления непонятных вопросов.

Опрос был разработан с использованием сервиса Google Forms и проведён среди респондентов с их согласия.

Вопрос: «Используете ли вы искусственный интеллект в учебной деятельности?» (рисунок 1).

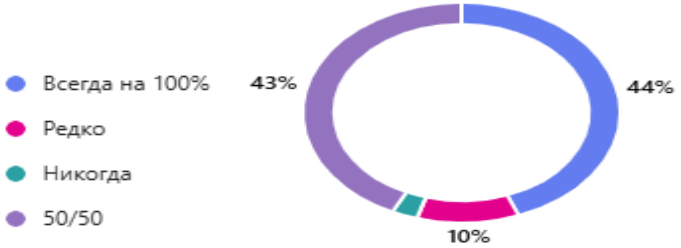


Рисунок 1 – Процентное распределение ответов на вопрос «Используете ли вы искусственный интеллект в учебной деятельности?»

Ответы учащихся показывают, что подавляющее большинство респондентов используют ИИ в учебных целях. Использование ИИ воспринимается как привычная и доступная практика, особенно среди учащихся 9–12 классов. 44% учащихся выбрали вариант ответа, демонстрирующий 100% использование ИИ в учебном процессе. Лишь 10 % учащихся отметили, что редко используют ИИ в своей учебной деятельности.

Следующий вопрос анкеты был направлен на выявление конкретных видов учебной деятельности, в которых учащиеся чаще всего используют искусственный интеллект, а также на определение того, какие метакогнитивные действия поддерживаются ИИ в наибольшей степени. Учащимся предлагалось выбрать и проранжировать три наиболее часто используемых вида работы с ИИ.



Рисунок 2 – Процентное распределение ответов на вопрос «Используете ли вы искусственный интеллект в учебной деятельности?»

Результаты, представленные на рисунке 2, показывают, что наиболее распространённым способом использования ИИ является проверка решений и исправление ошибок – этот вариант выбрали 58 % респондентов. Это свидетельствует о том, что учащиеся воспринимают ИИ прежде всего как инструмент самопроверки и обратной связи, позволяющий анализировать правильность выполненных заданий и корректировать ошибки.

На втором месте находится использование ИИ для оценки собственной работы и определения направлений её улучшения – 20 % учащихся отметили данный вариант. Это указывает на формирование элементов рефлексивной деятельности, когда учащиеся анализируют качество выполненной работы и стремятся улучшить результат.

Меньшая часть респондентов использует ИИ для планирования шагов решения задачи – 9 %. Данный показатель свидетельствует о том, что потенциал ИИ как инструмента планирования и стратегического мышления пока используется ограниченно.

Также 11 % учащихся отметили, что использование ИИ способствует развитию их способности к самостоятельному обучению, что можно рассматривать как проявление формирования метакогнитивных навыков, связанных с саморегуляцией учебной деятельности.

Наименьшее количество учащихся (3 %) указали, что с помощью ИИ они учатся формулировать правильные вопросы для поиска решения. Это может свидетельствовать о том, что навыки эффективного взаимодействия с ИИ (prompt-навыки) пока находятся на начальном этапе формирования.

Таким образом, результаты анкетирования показывают, что учащиеся в основном используют искусственный интеллект как инструмент проверки и корректировки решений, тогда как его потенциал для планирования, постановки вопросов и развития стратегий обучения используется значительно реже. Это указывает на необходимость целенаправленного педагогического сопровождения использования ИИ, направленного на развитие метакогнитивных стратегий обучения.

Для выявления отношения учащихся к роли искусственного интеллекта в образовательном процессе в анкете был включён вопрос: «Считаете ли вы, что искусственный интеллект может заменить учителя?».

Анализ ответов показал, что подавляющее большинство учащихся считают, что искусственный интеллект не способен полностью заменить учителя. Респонденты отмечают, что учитель выполняет ряд педагогических функций, которые не могут быть в полной мере воспроизведены технологиями искусственного интеллекта.

В частности, учащиеся подчёркивают, что учитель способен объяснять учебный материал с учётом индивидуального уровня подготовки учащихся, адаптировать способы объяснения и выбирать наиболее эффективные методы обучения. Кроме того, важной функцией учителя является мотивация и контроль учебной деятельности, а также оказание педагогической поддержки. При этом учащиеся рассматривают искусственный интеллект не как альтернативу учителю, а как вспомогательный инструмент обучения. По мнению респондентов, ИИ может выступать в роли помощника в учебной деятельности, дополнительного источника информации, а также средства для повторения учебного материала и самопроверки знаний.

Проведённое анкетирование среди 74 учащихся 9–12 классов НИШ ЕМН г. Павлодара позволило выявить устойчивые тенденции в восприятии и практическом использовании генеративного искусственного интеллекта в учебной деятельности старшеклассников. Полученные результаты свидетельствуют о высокой степени интеграции ИИ в повседневную учебную практику: подавляющее большинство респондентов (более 90 %) регулярно обращаются к таким инструментам, причём для 44 % из них ИИ стал неотъемлемой частью учебного процесса.

Наиболее востребованными остаются функции самопроверки и корректировки решений (58 %), а также рефлексия и оценка качества собственной работы (20 %). Эти данные указывают на то, что учащиеся в первую очередь воспринимают генеративный ИИ как эффективный источник обратной связи и инструмент поддержки исполнительского контроля. В то же время потенциал ИИ для развития более сложных метакогнитивных стратегий — планирования решения задач, формулировки точных запросов (prompt engineering) и самостоятельного конструирования траектории обучения – используется существенно реже (9 %, 3 % и 11 % соответственно). Данная диспропорция подтверждает, что без целенаправленного педагогического вмешательства ИИ чаще усиливает нижние уровни когнитивной активности (проверка, коррекция), а не способствует переходу к высшим уровням мышления по таксономии Блума — анализу, синтезу, оценке и творчеству.

Важным позитивным результатом является почти единогласное мнение учащихся о том, что искусственный интеллект не способен полностью заменить учителя. Респонденты высоко оценивают уникальные человеческие аспекты педагогической деятельности: индивидуальную адаптацию объяснений, мотивационную поддержку, эмоциональное сопровождение и формирование ценностного отношения к знаниям. ИИ воспринимается ими преимущественно как вспомогательный ресурс — «второй голос» для самопроверки, источник идей и средство повторения материала.

Полученные данные подчёркивают необходимость перехода от стихийного использования ИИ к осознанной, педагогически организованной интеграции. Ключевыми направлениями дальнейшей работы педагогического коллектива могут стать:

– целенаправленное обучение навыкам эффективного промптинга как метакогнитивной компетенции;

– включение ИИ в задания, ориентированные на планирование, рефлексию и генерацию альтернативных решений;

– разработка сценариев, где ИИ выступает не источником готовых ответов, а партнёром в диалоге, провоцирующем критическое мышление и самооценку;

Только при условии такого осмысленного сопровождения генеративный ИИ сможет реализовать свой потенциал не как заменитель мышления, а как мощный катализатор развития мышления высшего порядка и метакогнитивной автономии

современных школьников. Дальнейшие этапы исследования планируется посвятить экспериментальной проверке эффективности специально разработанных методик интеграции ИИ в уроки информатики и других предметов, что позволит количественно оценить динамику метакогнитивных показателей и академической успеваемости.

ЛИТЕРАТУРА

Ивахненко Е.Н., Никольский В.С. ChatGPT в высшем образовании и науке: угроза или ценный ресурс? // Высшее образование в России. — 2023. — Т. 32. — № 4. — С. 9–22 (см. особенно С. 9–10, 15–18, 21–22).

Бермус А.Г. Преимущества и риски использования ChatGPT в системе высшего образования: теоретический обзор // CyberLeninka. — 2024 (см. особенно С. 2–6).

Zhao Y. et al. Does Generative Artificial Intelligence Improve Students' Higher-Order Thinking? A Meta-Analysis // PMC. — 2025 (см. особенно С. 6–11).

Song D. et al. Effects of generative artificial intelligence on higher-order thinking skills and AI literacy // Nurse Education Today, 2025. — GenAI в OBE-подходе улучшает critical thinking, problem-solving и AI literacy у студентов.

Oiva-Córdova L.M. et al. Evaluation of Generative AI use to foster critical thinking in university students // IEEE, 2025. — Квазиэксперимент: значимый рост в analyzing, evaluating и applying (высшие уровни Bloom's taxonomy) при структурированных воркшопах с GenAI.

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕ БІЛІМ АЛУШЫЛАРДЫҢ ЖАЗБАША ЖҰМЫСТАРЫН АВТОМАТТЫ ТЕКСЕРУДІҢ ӘДІСТЕРІ МЕН ТӘСІЛДЕРІ

ЕРШЕНЕВ Д. К.
магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
ОСПАНОВА Н. Н.
профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Қазіргі кезеңде білім беру жүйесі қарқынды цифрландыру процесін бастан өткеруде. Ақпараттық технологиялардың дамуы оқыту әдістерін жетілдіруге және білім сапасын арттыруға мүмкіндік береді. Соның ішінде жасанды интеллект технологиялары білім беру саласында жаңа мүмкіндіктер ашып отыр. Жасанды интеллект негізіндегі жүйелер оқыту процесін автоматтандыруға, білім алушылардың оқу жетістіктерін талдауға және бағалау процесін жетілдіруге мүмкіндік береді.

Білім алушылардың жазбаша жұмыстары олардың білім деңгейін, логикалық ойлау қабілетін және пәндік материалды меңгеру деңгейін анықтауда маңызды құралдардың бірі болып табылады. Эссе, реферат, ғылыми баяндама және басқа да мәтіндік тапсырмалар студенттердің аналитикалық және шығармашылық қабілеттерін дамытуға ықпал етеді. Дегенмен мұндай жұмыстарды тексеру көп уақытты талап ететін процесс болып табылады.

Студенттердің саны артқан сайын оқытушылардың жұмыс жүктемесі де көбейеді. Әсіресе үлкен аудиторияларда әрбір студенттің жұмысын жеке тексеру айтарлықтай уақыт пен күш жұмсауды қажет етеді. Сондықтан білім беру жүйесінде жазбаша жұмыстарды тексеру процесін автоматтандыру қажеттілігі туындайды. Осы тұрғыдан алғанда жасанды интеллект технологияларын қолдану өзекті ғылыми бағыттардың бірі болып табылады.

Жасанды интеллект – бұл компьютерлік жүйелердің адам интеллектісіне тән кейбір функцияларды орындау қабілетін сипаттайтын технологиялар жиынтығы. Оларға ақпаратты талдау, логикалық қорытынды жасау, шешім қабылдау және мәтіндік ақпаратты өңдеу сияқты мүмкіндіктер жатады [1, 26 бет].

Білім беру жүйесінде жасанды интеллект бірнеше бағытта қолданылады. Біріншіден, ол адаптивті оқыту жүйелерін құруға мүмкіндік береді. Мұндай жүйелер студенттің білім деңгейіне сәйкес оқу материалдарын ұсына алады. Екіншіден, жасанды интеллект білім алушылардың оқу жетістіктерін талдау және бағалау процесін автоматтандыруға мүмкіндік береді. Үшіншіден, ол білім беру платформаларының тиімділігін арттырып, оқыту процесін жекелендіруге жағдай жасайды.

Жасанды интеллект технологияларының дамуы мәтіндік ақпаратты өңдеу саласында да үлкен жетістіктерге жетуге мүмкіндік берді. Табиғи тілдерді өңдеу әдістері мәтіндерді автоматты түрде талдауға, олардың мазмұнын анықтауға және құрылымын зерттеуге мүмкіндік береді. Бұл мүмкіндіктер жазбаша жұмыстарды автоматтандырылған түрде тексеру жүйелерін дамытуда маңызды рөл атқарады.

Автоматтандырылған тексеру жүйелері көбіне веб-технологиялар негізінде құрылады. Мұндай жүйелер бірнеше негізгі компоненттерден тұрады: пайдаланушы интерфейсі, серверлік логика және деректер базасы.

Пайдаланушы интерфейсі студенттер мен оқытушылардың жүйемен өзара әрекеттесуін қамтамасыз етеді. Бұл деңгейде веб-беттердің визуалдық көрінісі қалыптастырылады. Интерфейсті құру барысында CSS (Cascading Style Sheets) технологиясы кеңінен қолданылады. CSS веб-беттердің дизайнын, құрылымын және элементтердің орналасуын басқаруға мүмкіндік береді [2, 233 бет].

Серверлік деңгейде жүйенің негізгі функциялары жүзеге асырылады. Бұл деңгейде пайдаланушылардан алынған ақпарат өңделіп, қажетті есептеулер орындалады. Веб-қосымшаларды әзірлеуде серверлік бағдарламалау тілдерінің бірі ретінде PHP жиі қолданылады. PHP тілі динамикалық веб-беттерді құруға және серверлік сценарийлерді орындауға мүмкіндік береді [3, 266 бет].

Автоматтандырылған жүйелерде деректерді сақтау үшін арнайы деректер базасы қолданылады. Мұндай жүйелерде көбіне MySQL деректер базасын басқару жүйесі пайдаланылады. Деректер базасы студенттердің жұмыстарын, тексеру нәтижелерін және пайдаланушылар туралы ақпаратты сақтауға мүмкіндік береді [3, 485 бет].

Веб-жүйелерді әзірлеу барысында жергілікті серверлік орталар қолданылады. Соның ішінде XAMPP ортасы Apache веб-серверін, PHP интерпретаторын және MySQL деректер базасын біріктіретін кешенді құрал болып табылады. Мұндай орталар веб-қосымшаларды әзірлеу және тестілеу процесін жеңілдетеді [4, 115 бет].

Жазбаша жұмыстарды автоматты түрде тексеру үшін бірнеше ғылыми әдістер қолданылады. Олардың ішінде лингвистикалық талдау, статистикалық әдістер және семантикалық талдау маңызды орын алады.

Лингвистикалық талдау мәтіндегі грамматикалық және орфографиялық қателерді анықтауға бағытталған. Бұл әдіс мәтін құрылымын, сөздердің дұрыс жазылуын және сөйлемдердің грамматикалық дұрыстығын тексеруге мүмкіндік береді.

Лингвистикалық талдау әдістері жазбаша жұмыстарды автоматтандырылған тексерудің негізгі бағыттарының бірі болып табылады. Бұл әдіс мәтіннің тілдік құрылымын зерттеуге негізделеді және орфографиялық, грамматикалық, синтаксистік қателерді анықтауға мүмкіндік береді. Лингвистикалық талдау барысында

сөздердің дұрыс жазылуы, сөйлемдердің құрылымы, тыныс белгілерінің қолданылуы және мәтіннің жалпы тілдік сауаттылығы тексеріледі.

Аталған әдіс көбіне ережеге негізделген жүйелер арқылы жүзеге асырылады. Мұндай жүйелер алдын ала анықталған тілдік ережелерге сүйене отырып жұмыс істейді. Мысалы, сөздердің септелуі, жіктелуі немесе сөйлемдегі сөздердің орын тәртібі талданады. Бұл әдістің басты артықшылығы – оның дәлдігі және нақты қателерді анықтау мүмкіндігі. Алайда ол мәтіннің мазмұнын немесе автордың ойын толық бағалай алмайды.

Лингвистикалық талдау әдістері жазбаша жұмыстарды автоматтандырылған тексеру жүйелерінде бастапқы және негізгі кезеңдердің бірі ретінде қолданылады. Бұл әдіс арқылы жүйе ең алдымен мәтінді құрылымдық тұрғыдан талдайды. Яғни, енгізілген мәтін сөздерге, сөйлемдерге және абзацтарға бөлінеді. Осыдан кейін әрбір тілдік бірлік жеке-жеке тексеріледі.

Практикалық тұрғыдан алғанда, лингвистикалық талдау жүйелері орфографиялық қателерді анықтау үшін сөздерді арнайы сөздік қорымен салыстырады. Егер сөз сөздікте болмаса немесе қате жазылса, жүйе оны қате ретінде белгілейді. Сонымен қатар грамматикалық талдау барысында сөйлемдегі сөздердің өзара байланысы тексеріледі, мысалы, бастауыш пен баяндауыштың сәйкестігі немесе сөздердің дұрыс септелуі мен жіктелуі анықталады.

Сондай-ақ бұл әдіс тыныс белгілерінің дұрыс қойылуын тексеруде қолданылады. Жүйе сөйлем құрылымына қарап, үтір, нүкте немесе басқа тыныс белгілерінің дұрыс қолданылғанын анықтай алады. Нәтижесінде пайдаланушыға нақты қателер көрсетіліп, оларды түзету бойынша ұсыныстар беріледі.

Статистикалық әдістер мәтіндегі сөздердің қолданылу жиілігін және олардың арасындағы байланыстарды талдауға негізделеді. Мұндай әдістер мәтіннің жалпы сапасын бағалауға мүмкіндік береді.

Статистикалық талдау әдістері мәтіндегі тілдік бірліктердің сандық сипаттамаларын зерттеуге негізделеді. Бұл тәсілде сөздердің қолданылу жиілігі, сөз тіркестерінің қайталануы және сөйлемдердің ұзындығы сияқты көрсеткіштер талданады. Мұндай әдістер үлкен көлемдегі мәтіндермен жұмыс істеуге және олардың жалпы құрылымдық ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік береді.

Статистикалық модельдер мәтінді белгілі бір эталондық үлгілермен салыстыру арқылы бағалау жүргізеді. Мысалы, жүйе

студенттің жазбаша жұмысын жоғары сапалы мәтіндермен салыстырып, оның сапасын анықтай алады. Бұл әдістің артықшылығы – мәтінді жылдам өңдеу және жалпы сапасын бағалау мүмкіндігі. Дегенмен, ол мәтіннің терең мағынасын толық түсіне алмайды және кейбір жағдайларда дәлдігі төмен болуы мүмкін.

Статистикалық талдау әдістері жазбаша жұмыстардың жалпы сапасын бағалау кезеңінде қолданылады. Бұл әдістер мәтіндегі сөздердің жиілігін, сөйлемдердің ұзындығын және мәтін құрылымының күрделілігін анықтауға мүмкіндік береді. Жүйе мәтінді үлкен деректер қорындағы үлгілермен салыстыру арқылы талдау жүргізеді.

Практикада бұл әдіс студенттің жұмысын эталондық мәтіндермен салыстыру арқылы жүзеге асырылады. Мысалы, жоғары бағаланған жұмыстардың статистикалық сипаттамалары алдын ала жүйеге енгізіледі. Кейін жаңа мәтін осы мәліметтермен салыстырылып, оның сапасы анықталады. Егер мәтіндегі сөздердің әртүрлілігі төмен немесе сөйлемдер тым қарапайым болса, жүйе оны төмен деңгейдегі жұмыс ретінде бағалауы мүмкін.

Сонымен қатар статистикалық әдістер мәтіндегі қайталанатын сөздерді немесе артық қолданылған тіркестерді анықтауға мүмкіндік береді. Бұл жазбаша жұмыстың сапасын арттыру үшін маңызды көрсеткіштердің бірі болып табылады. Осылайша, статистикалық талдау мәтіннің құрылымдық және сандық ерекшеліктерін бағалауда тиімді қолданылады.

Семантикалық талдау мәтіннің мағынасын және оның логикалық құрылымын зерттеуге бағытталған. Бұл әдіс мәтіндегі негізгі ойды анықтауға және оның берілген тақырыпқа сәйкестігін бағалауға мүмкіндік береді [5, 577 бет].

Семантикалық талдау әдістері мәтіннің мағынасын және мазмұнын түсінуге бағытталған. Бұл әдіс жазбаша жұмыстың тақырыпқа сәйкестігін, негізгі ойдың ашылуын және аргументацияның логикалық құрылымын бағалауға мүмкіндік береді. Семантикалық талдау жасанды интеллекттің заманауи технологияларына, соның ішінде табиғи тілдерді өңдеу және нейрондық желілерге негізделеді.

Бұл әдіс мәтіндегі сөздер мен сөйлемдердің арасындағы мағыналық байланыстарды анықтайды. Мысалы, жүйе студенттің жауабы берілген сұраққа қаншалықты сәйкес келетінін немесе мәтінде негізгі идеяның қаншалықты толық ашылғанын бағалай алады. Семантикалық талдау әдісінің басты артықшылығы – мәтінді

терең деңгейде түсіну мүмкіндігі. Алайда мұндай жүйелерді құру күрделі болып табылады және үлкен көлемдегі деректерді қажет етеді.

Семантикалық талдау әдістері жазбаша жұмыстарды бағалаудың ең күрделі және маңызды кезеңдерінің бірі болып табылады. Бұл әдіс мәтіннің мағынасын түсінуге және оның берілген тапсырмаға сәйкестігін анықтауға бағытталған. Жүйе мәтіндегі негізгі ойды, тақырыптың ашылу деңгейін және аргументацияның логикалық құрылымын талдайды.

Практикалық қолдану барысында семантикалық талдау жүйелері мәтінді векторлық модельдерге айналдырады, яғни сөздер мен сөйлемдердің мағыналық байланыстары математикалық түрде көрсетіледі. Осы негізде жүйе студенттің жауабын эталондық жауаппен салыстырып, олардың ұқсастық деңгейін анықтайды.

Мысалы, егер студент сұраққа толық және нақты жауап берсе, жүйе оның мәтінін жоғары бағалайды. Ал егер мәтін тақырыптан ауытқыса немесе негізгі ой толық ашылмаса, бағалау төмен болады. Сонымен қатар семантикалық талдау мәтіндегі логикалық байланыстарды анықтауға мүмкіндік береді, яғни ойдың бірізділігі мен дәлелдердің дұрыстығы тексеріледі.

Бұл әдіс әсіресе эссе және ашық сұрақтарға жауаптарды бағалауда тиімді қолданылады. Дегенмен, оны жүзеге асыру күрделі болып табылады және үлкен көлемдегі оқыту деректерін қажет етеді.

Жасанды интеллект негізіндегі тексеру жүйелерінің бірнеше маңызды артықшылықтары бар. Біріншіден, олар үлкен көлемдегі мәтіндерді қысқа уақыт ішінде өңдей алады. Екіншіден, мұндай жүйелер бағалаудың объективтілігін арттырады, себебі барлық жұмыстар бірдей критерийлер бойынша талданады. Үшіншіден, автоматтандырылған жүйелер студенттерге жедел кері байланыс беруге мүмкіндік береді [6, 27 бет].

Сонымен қатар мұндай жүйелер оқытушылардың жұмыс жүктемесін азайтып, оқу процесінің тиімділігін арттыруға ықпал етеді. Бұл білім беру ұйымдарының жұмысын ұйымдастыруда маңызды рөл атқарады.

Автоматтандырылған тексеру жүйелерінің кейбір шектеулері де бар. Мысалы, шығармашылық мәтіндерді толық бағалау қиын болуы мүмкін. Сонымен қатар кейбір тілдердің грамматикалық ерекшеліктері автоматты талдауды күрделендіреді.

Болашақта жасанды интеллект технологияларының дамуы бұл жүйелердің мүмкіндіктерін кеңейтуге мүмкіндік береді. Терең оқыту алгоритмдерін қолдану мәтіндерді семантикалық деңгейде талдауға және олардың мазмұнын тереңірек түсінуге мүмкіндік береді. Бұл жазбаша жұмыстарды бағалау сапасын арттыруға ықпал етеді.

Жасанды интеллект негізіндегі автоматтандырылған тексеру жүйелері білім беру саласын дамытуда маңызды рөл атқарады. Мұндай жүйелер жазбаша жұмыстарды тексеру процесін жылдамдатып, оның объективтілігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар веб-технологиялар, серверлік бағдарламалау және деректер базалары білім беру жүйелерін дамытуда маңызды құралдар болып табылады.

Болашақта жасанды интеллект технологияларын одан әрі дамыту арқылы жазбаша жұмыстарды тексеру жүйелерінің тиімділігін арттыруға және білім беру сапасын жаңа деңгейге көтеруге болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – 4th ed. – Boston: Pearson Education, 2021. – 1136 p.

Jurafsky D., Martin J. Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing. – 3rd ed. – Stanford: Stanford University Press, 2022. – 702 p.

Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 775 p.

Sommerville I. Software Engineering. – 10th ed. – Boston: Pearson, 2016. – 816 p.

Welling L., Thomson L. PHP and MySQL Web Development. – 5th ed. – Indianapolis: Addison-Wesley Professional, 2017. – 672 p.

Jurafsky D. Natural Language Processing and Computational Linguistics. – Stanford University, 2020.

STEM ТЕХНОЛОГИЯСЫ: ШЕТЕЛ ТӘЖІРИБЕСІ ЖӘНЕ ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЖАҒДАЙЫ

ИСПУЛОВ Н. А.
к.ф-м.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
ЕРЖАНОВ Д. Е.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Жаһандану дәуірінде қоғамның технологиялық дамуы білім беру жүйесінің алдына жаңа міндеттер жүктеп отыр. Жасанды интеллект, нанотехнологиялар, машиналық оқыту және биоинженерия секілді салалардың қарқынды дамуы еңбек нарығындағы сұранысты түбегейлі өзгертті. «LEGO Foundation» деректеріне сүйенсек, бүгінгі бастауыш сынып оқушыларының 65%-ы болашақта әлі пайда болмаған мамандықтар иесі атанады [1]. Осы орайда, теориялық білімді практикамен ұштастыратын, пәнаралық интеграцияға негізделген STEM (Science – ғылым, Technology – технология, Engineering – инжиниринг, Mathematics – математика) тәсілі өзекті болып табылады.

Бұл бағыттың өзектілігі оның тек терминологиялық анықтамасында ғана емес, сонымен қатар білім беру саласындағы бірнеше пәннің біртұтас оқыту схемасына бірігуінде жатыр. Қазіргі таңда бұл ұғымның даму деңгейіне қарай бірнеше модельдері қалыптасқан: классикалық төрт бағыттың интеграциясынан тұратын STEM, оған өнер (Art) компоненті қосылған STEAM нұсқасы және зерттеу (Research) мен оқу/жазу (Reading/wRiting) дағдыларымен толыққан STREAM моделі. Мұндай кешенді тәсіл тек техникалық білім беріп қана қоймай, оқушылардың сыни ойлауын, креативтілігін және жобалық жұмысқа қабілеттілігін арттыруға мүмкіндік береді.Бұл тәсіл тек техникалық білім беріп қана қоймай, оқушылардың сыни ойлауын, креативтілігін және жобалық жұмысқа қабілеттілігін арттырады.

Тәжірибе көрсеткендей, STEM-білім берудің ең тиімді үлгілері мемлекеттік саясатпен тікелей астасып жатыр, оның жарқын мысалы ретінде АҚШ тәжірибесін атап өтуге болады. Америка Құрама Штаттарында STEM мемлекеттік саясаттың басым бағыты болып табылады, тіпті 2007 жылы қабылданған «America COMPETES Act» заңы бұл саланың дамуына берік құқықтық негіз қалады [2]. Американдық модельде STEM-білім беру «K-12» (балабақшадан мектеп бітіргенге дейін) жүйесіне негізделген. Ондағы STEM мектептерінің негізгі ерекшеліктеріне оқытуды дербестендіру

(personalization), проблемалық бағдарланған оқыту (Problem-solving learning) және жергілікті қауымдастық мәселелерін шешуге бағытталған жобалар жатады. Оқушылар абстрактілі есептерді емес, өз аймағындағы экологиялық немесе техникалық мәселелерді шешуге бағытталған жобалармен айналысады [3]. Мысалы, Томас Джефферсон атындағы ғылым және технология мектебі (TJHSST) университеттермен және бизнес-құрылымдармен тығыз байланыста жұмыс істей отырып, оқушыларға астрофизикадан бастап нанохимияға дейінгі бағыттарда зерттеу жүргізуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар мемлекет тарапынан «STEM Coalition» сияқты қоғамдық ұйымдар бағдарламалардың сапасын үнемі қадағалап, тиімсіз жобаларды қысқартып отырады.

Американдық модельдегі бұл жүйелілік Ұлыбритания мен Еуропа елдерінің тәжірибесімен үндеседі, алайда мұнда ұйымдастыру формасы сәл өзгешерек. Мәселен, Ұлыбританияда STEM-ді дамытуда STEMNET секілді ұйымдар маңызды рөл атқарады. Олар «STEM елшілері» (STEM Ambassadors) желісі арқылы 27 000-нан астам ерікті маманды мектептерге тартып, кәсіби бағдар беру жұмыстарын жүргізеді. Сондай-ақ, «STEM Clubs Programme» аясында мектептерде үйірмелер желісі дамыған [4]. Ал Финляндияның тәжірибесі «LUMA» бағдарламасымен ерекшеленеді. Мұндағы басты мақсат – жаратылыстану пәндеріне деген мотивацияны арттыру және мұғалімдердің үздіксіз кәсіби біліктілігін дамыту.

Еуропалық еріктілік пен мотивацияға негізделген тәсіл Шығыс Азия елдерінің моделінде технологиялық стратегиялармен толыға түседі. Қытай 2030 жылға қарай жасанды интеллект саласында әлемдік көшбасшы болуды мақсат етіп, бастауыш сыныптан бастап бағдарламалауды міндетті дағды ретінде енгізуде. Сингапур болса, «Шығармашылық экономика» стратегиясы аясында британдық жүйені негізге алып, жобалық оқыту мен дизайн-ойлау (design thinking) әдістерін кеңінен қолданады. Жапонияның жаңа білім беру реформасы (2020 жылдан бастап) оқушылардың көшбасшылық қасиеттерін және бастамашылдығын дамытуға бағытталған.

Қазақстан Республикасының білім беру жүйесінде STEM-технологиясын енгізу – жаһандық бәсекеге қабілеттілікті арттырудың кепілі. Шетелдік тәжірибелерді талдай отырып, отандық мектептер мен жоғары оқу орындары үшін келесідей даму бағыттарын анықтауға болады:

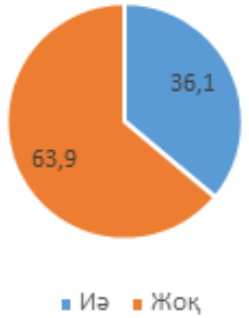
– Пәнаралық байланысты нығайту. Физика, математика, информатика және химия пәндерін бөлек-бөлек оқытудан, олардың өзара әрекеттесуін көрсететін интеграцияланған сабақтарға көшу;

– Инфрақұрылымды дамыту. Мектептерде 3D-принтерлермен, робототехника жинақтарымен және заманауи зертханалармен жабдықталған STEM-орталықтарды құру;

–Кәсіби бағдар беру жұмысы. АҚШ пен Ұлыбритания тәжірибесіндегідей, өндіріс орындары мен университеттердің ғалымдарын мектеп жобаларына тәлімгер ретінде тарту;

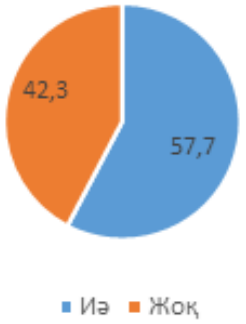
– Мұғалімдердің құзыреттілігін арттыру. Педагогтарды жаңа технологиялармен жұмыс істеуге және жобалық әдістемені қолдануға баулитын курстарды ұйымдастыру [5].

Осы аталған бағыттардың Қазақстан мектептеріндегі қазіргі қолданыс аясы мен нақты жағдайын анықтау мақсатында Google Forms платформасында арнайы анонимді сауалнама жүргізілген болатын. Зерттеу аясында еліміздің әртүрлі өңірлері мен мектептерінен 168 оқушы қатысқан сауалнама нәтижелері Қазақстандағы STEM білім берудің нақты бейнесін айқындап берді. Сауалнама деректеріне сүйенсек, респонденттердің 63,9%-ы «STEM» терминін бұрын-соңды естімегенін көрсетті, бұл бұқаралық деңгейде ақпараттандыру жұмыстарының әлі де болса төмендігін айғақтайды (сурет 1). Соған қарамастан, терминді түсіну деңгейі бойынша оқушылардың басым бөлігі бұл ұғымды технологиямен (63,7%) және ғылыммен (51,8%) тығыз байланыстырады (сурет 3).

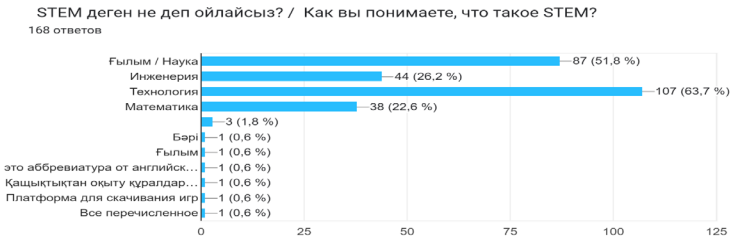


Сурет 1 – STEM терминін бұрын естідіңіз бе?

Мектеп ортасындағы жағдайды талдау барысында респонденттердің 57,7 %-ы өз оқу орындарында STEM технологияларының қолданылатынын растады (сурет 2). Алайда, нақты элементтерге келгенде оқушылар негізінен робототехникамен (44,6 %) және жобалық жұмыстармен (28 %) жиі кездесетіні анықталды. Бұл ретте маңызды бір қайшылық байқалады: оқушылардың 79,2 %-ы STEM бағытында әлі де болса ешқандай дербес жоба жасамаған. Бұл көрсеткіш білім беру жүйесінде теориялық ақпараттың басымдығын және оқушылардың практикалық іс-әрекетке тартылу деңгейінің жеткіліксіздігін көрсетеді.



Сурет 2 – Мектебіңізде STEM технологиялары қолданыла ма?



Сурет 3 – STEM деген не деп ойлайсыз?

STEM пәндеріне деген қызығушылық шкала бойынша орташа деңгейде (31,1 % оқушы 3 балл берген) болғанымен, оқушылардың

69,6 %-ы STEM тәсілдері тақырыпты түсінуді айтарлықтай жақсартатынын сеніммен атап өтті. Болашақ мамандық таңдау мәселесінде респонденттердің 31 %-ы ғана бұл саланы таңдауға ниетті екенін білдірді, бұл – оқушылардың 67,9 %-ының әлі де болса техникалық салаларға күмәнмен қарайтынын немесе балама бағыттарды көздейтінін аңғартады.

Оқу үдерісіндегі негізгі кедергілер ретінде оқушылар тақырыптардың күрделілігін (27,4 %) және қызығушылықтың төмендігін (25,6 %) атап өтсе, 21,4 %-ы құрал-жабдықтардың жетіспеушілігіне тоқталды. Осы мәселелерді шешу жолында сауалнамаға қатысушылар нақты ұсыныстарын да білдірді: респонденттердің 48,5 %-ы практикалық жұмыстарды көбейтуді, 47,3 %-ы заманауи құралдармен жабдықтауды және 38,3%-ы STEM пәндерін күнделікті өмірмен байланыстыруды қалайды. Бұл деректер отандық білім беру жүйесінде STEM-ді дамыту үшін тек техникалық жабдықтау ғана емес, сонымен қатар оқу әдістемесін практикалық бағытқа бұрудың стратегиялық маңыздылығын тағы да дәлелдей түседі.

Қазақстандық оқушылар арасында жүргізілген анонимді сауалнама нәтижелері қазіргі таңда білім беру жүйесінде орын алып отырған бірнеше маңызды аспектіні айқындады. Біріншіден, оқушылардың басым бөлігі STEM терминімен таныс болмаса да, оның тиімділігіне (69,6 %) және тақырыпты түсінуді жақсартатынына сенім білдіреді. Екіншіден, робототехника мен жобалық жұмыстардың мектептерде ішінара қолданылуына қарамастан, оқушылардың 79,2 %-ы әлі де болса өз бетінше жоба жасау тәжірибесінен мақұрым. Бұл біздің білім беру жүйеміздегі теория мен практиканың арасындағы алшақтықтың айқын көрсеткіші болып табылады. Зерттеу барысында анықталған кедергілер мен оқушылардың ұсыныстарын ескере отырып, Қазақстанда STEM-білім беруді дамытудың келесідей стратегиялық бағыттарын ұсынамыз:

Интеграциялық тәсілді тереңдету: Пәндерді оқшау оқытудан бас тартып, жаратылыстану-математикалық бағыттағы сабақтарды өмірлік мәселелерді шешуге бағытталған біртұтас жобалар аясында біріктіру.

Инфрақұрылымдық қолдау: Сауалнама қатысушыларының 47,3 %-ы атап өткендей, мектептерді заманауи техникалық құралдармен (3D-принтерлер, Arduino жинақтары) жабдықтау және қолжетімді STEM-зертханаларын ашу.

Педагогикалық трансформация: Мұғалімдерді тек ақпарат беруші емес, оқушының зерттеушілік әлеуетін ашатын фасилитатор ретінде дайындау және олардың жобалық әдістеме бойынша біліктілігін үздіксіз арттыру.

Түйіндей келе, Қазақстан үшін STEM-технологиясын жаппай енгізу – бұл уақыт талабы. Оқушылардың осы салаға деген қызығушылығын арттыру және оларға практикалық мүмкіндіктер жасау арқылы біз ел экономикасының цифрлық трансформациясын қамтамасыз ететін жаңа буын инженерлері мен инноваторларын тәрбиелей аламыз. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, оқушылар бұл өзгерістерге дайын және олардан нақты практикалық нәтижелер күтеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 LEGO Foundation. Learning through play: a review of the evidence. White paper. – Billund, Denmark, 2022. – URL: https://cms.learningthroughplay.com/media/wmtlmbe0/learning-through-play_web.pdf (жүгіну уақыты: 02.03.2026).

2 America COMPETES Act of 2007. Public Law 110-69, 110th Congress. – Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 2007. – URL: https://www.congress.gov/110/plaws/publ69/PLAW-110publ69.pdf (жүгіну уақыты: 01.03.2026).

3 Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research. – Washington, DC: National Academies Press, 2014. – 184 p. – URL: https://www.middleweb.com/wp-content/uploads/2015/01/STEM-Integration-in-K12-Education.pdf (жүгіну уақыты: 01.03.2026).

4 STEM Ambassador Programme Review: A report for UKRI [Электрондық ресурс] / UK Research and Innovation. – London, 2022. – URL: https://www.ukri.org/wp-content/uploads/2022/05/UKRI-140522-STEMAmbassadorProgrammeReview.pdf (жүгіну уақыты: 04.03.2026).

5 Қазақстан Республикасында білім беруді және ғылымды дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы. Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2019 жылғы 27 желтоқсандағы № 988 қаулысымен бекітілген. – Астана, 2019. – URL: https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P1900000988 (жүгіну уақыты: 04.03.2026).

АНАЛИТИКА ОБУЧЕНИЯ НА ОНЛАЙН-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМАХ: АРХИТЕКТУРА, МЕТОДЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ.

КАБЖЕКЕНОВ А. Р.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ТОКЖИГИТОВА Н. К.
PhD, ассоц. профессор (доцент), Торайгыров университет, г. Павлодар

Образовательная аналитика (LA) - это область, изучающая сбор и анализ данных об учебном процессе для улучшения обучения. По определению SoLAR, LA включает «сбор, анализ, интерпретацию и представление информации о студентах и их учебе, обеспечивая практически полезные инсайты для улучшения обучения и преподавания» [1]. В практическом смысле LA занимается обработкой событий из LMS (клики студентов, оценки, посещения ресурсов и др.) с помощью статистики и ML/AI, чтобы выявлять проблемные участки в обучении и поддерживать принятие решений [1][2]. Например, системы LA могут прогнозировать риск отчисления, подбирать дополнительные материалы или предупреждать преподавателей об учащихся, нуждающихся в помощи.

Типичная архитектура LA состоит из нескольких уровней:

1 Сбор данных: события обучения фиксируются в LMS, MOOC-платформах и других образовательных сервисах. Обычно используется стандарт xAPI (Experience API) или IMS Caliper для описания подобных событий [2]. Например, запись может выглядеть как (студент X, прошёл лекцию, курс Y, время: …).

2 Хранилище (LRS): все события поступают в Learning Record Store (LRS) - специализированную базу данных для хранения логов обучения [3]. В ней аккумулируются данные о действиях студентов (входах, выполненных заданиях, тестах, форумах и т.д.).

3 Аналитический слой: на этом этапе запускаются модели анализа: от простых отчётов (средний балл, время обучения) до продвинутых алгоритмов (кластеризация, регрессия, деревья решений, нейросети). Архитектуру можно представить четырьмя слоями (Input, Data Storage, Business, Presentation) [3]. Бизнес-слой агрегирует данные из LRS и вычисляет метрики, обнаруживает закономерности или строит предсказания (например, вероятность успеха студента).

4 Визуализация и отчёты: результаты анализа выводятся в виде дашбордов и отчётов для преподавателей, администраторов

и студентов. Интерфейсы могут показывать графики активности, предупреждения («сигнальные светофоры» по риску отчисления) и рекомендовать действия.

Например, в проекте SURFnet (Нидерланды) описана именно такая схема из четырёх слоёв: Input (системы-источники), Data Storage (LRS), Business (аналитический процессор) и Presentation (дашборды) [3]. В этой архитектуре главное - LRS, накапливающий события, а аналитический модуль строит отчёты и прогнозы на основе этих данных.

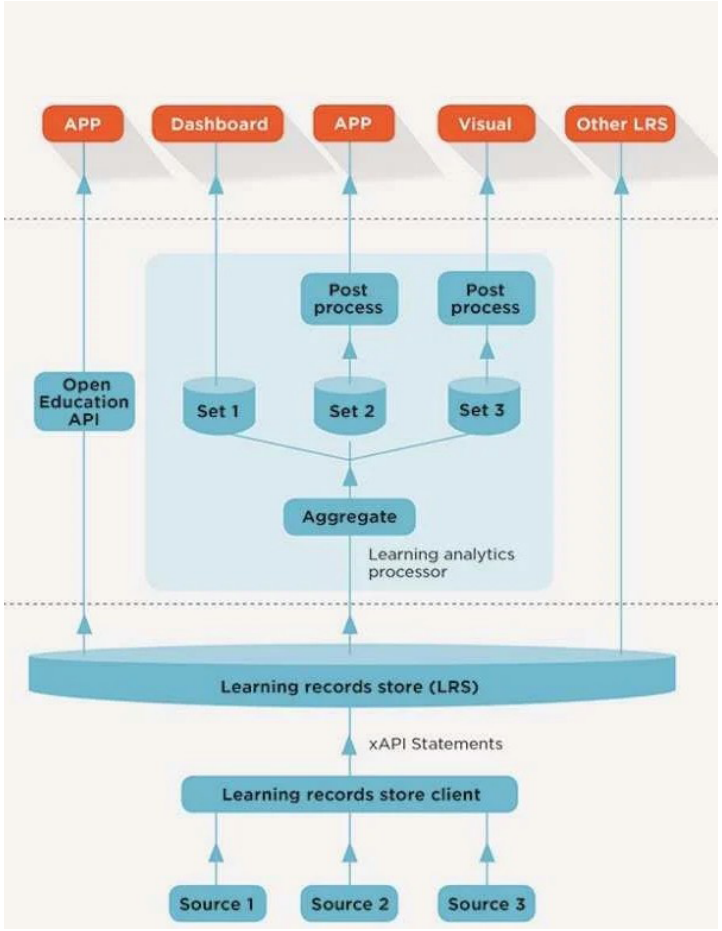


Рисунок 1 – пример архитектуры

Различные образовательные платформы по-разному реализуют Learning Analytics. Moodle (LMS, открытая): имеет встроенные аналитические модели. В ядро Moodle интегрены предиктивные модели, например «Студенты с риском отчисления». Также множество плагинов (Engagement Analytics, IntelliBoard, LearnerScript и др.) расширяют аналитику активности и успеваемости. Модели в Moodle основаны на ML-алгоритмах и позволяют преподавателю получать прогнозы и графики кривых обучения [4]. Canvas (LMS, облачная): предлагает встроенный Admin Analytics - панель администратора с фильтруемыми дашбордами. Она показывает, как используется LMS во всех подразделениях: видны опубликованные, но не используемые курсы, распространённость разных инструментов (форумы, тесты) и статистика по студентам [5]. Есть отдельные дашборды «Курс» и «Студент»: например, можно увидеть средние баллы, посещаемость и отставание по срокам. Blackboard (LMS, коммерческая): включает продукты Blackboard Data и Blackboard Predict (теперь Retention Coaching). Они объединяют данные из LMS и студенческой системы (SIS) и с помощью ML выявляют студентов «в зоне риска» [6]. Например, Retention Coaching использует предиктивные модели и «персональное сопровождение» - консультанты связываются с такими студентами, основываясь на аналитике Blackboard Predict [6]. Open edX (MOOC, открытая): имеет аналитический конвейер. События обучения (достижения студентов, клики по модулям и т.д.) попадают в pipeline: сохраняются в S3 (формат JSON) и обрабатываются Hadoop/Python, после чего агрегированные данные выкладываются в MySQL и становятся доступны через API инструмента Insights. В дашборде edX Insights отображаются метрики регистрации (enrollment), вовлечённости по неделям и успеваемости. Сам код этого конвейера и механизмы визуализации являются открытым ПО [7]. Таким образом, LMS (Moodle, Canvas, Blackboard и пр.) служат источником учебных данных, а LA-системы (сторонние или встроенные) строят на этих данных отчёты и рекомендации. Открытые платформы (Moodle, edX) позволяют гибко настраивать аналитику и подключать новые модели, а проприетарные (Canvas, Blackboard) предоставляют готовые дашборды для администратора и реализуют поддерживаемые компанией алгоритмы.

В Learning Analytics применяются различные аналитические подходы:

1 Дескриптивная аналитика: описывает, что уже произошло. Это средние оценки по группе, процент вовлечённых студентов, время, проведённое в курсе и т.п.

2 Диагностическая аналитика: пытается понять, почему так произошло. Например, корреляции между сложностью заданий и успеваемостью студентов.

3 Предиктивная аналитика: прогнозирует будущие результаты (успеваемость, риск отчисления). Именно предиктивные модели - классификация, регрессия, деревья решений, алгоритмы бустинга - составляют «ядро практики LA». Обзор Sghir et al. (2022) отмечает, что последние годы всё больше исследований сосредоточены на построении ML-моделей для прогнозирования учебных исходов[8].

4 Прескриптивная аналитика: генерирует рекомендации. Если модель предсказывает высокий риск провала, система может рекомендовать студенту дополнительные ресурсы или изменить траекторию обучения.

Исследования также обращают внимание на выбор методик. Так, обзор AI-дашбордов показывает, что для визуализации учебной информации чаще всего используют привычные графики (столбчатые, линейные, круговые), отдавая предпочтение ясности и понятности перед новизной. ML-методики обычно подбираются с учётом баланса между точностью и объяснимостью: например, широко применяются решающие деревья и случайные леса (они достаточно интерпретируемы), а сложные ансамбли (AdaBoost, CatBoost) дают чуть больше точности за счёт прозрачности. В реальных внедрениях часто выбирают подходы, доступные для анализа педагогом и студентом [9].

Интервенции и применение LA. Главная цель Learning Analytics - перевод данных в конкретные меры поддержки. Полученные инсайты могут транслироваться в интервенции. Дашборды и отчёты - обучающиеся и преподаватели получают графические отчёты о прогрессе. Преподаватель видит динамику успеваемости группы по неделям, а студент - свою траекторию обучения. Оповещения - система может автоматически посылать предупреждения («push-уведомления») студентам, отстающим по графику, или преподавателям, если у студентов появились проблемы. Рекомендательные системы - на основе анализа выдаются советы, какие темы повторить, какие дополнительные модули пройти, какие задания выполнить. Поддержка преподавателя - LA-системы дают

педагогу информацию о том, где студенты испытывают сложности, чтобы он мог скорректировать материал или связаться с учащимся.

Важную роль играет концепция адаптивности: исследования отмечают, что LA-интервенции должны быть персонализированы и гибки. Например, Pan et al. (2024) указывают, что эффективные LA-интервенции часто включают несколько функций («multi-functional»): сочетание системы детекции аномалий и информативного дашборда даёт лучший эффект, чем любой из этих элементов по отдельности. В обзоре подчёркивается, что образовательный дашборд особенно важен – его стоит интегрировать в LMS, чтобы преподаватели могли вовремя реагировать на изменение успеха студентов [10]. Также исследователи призывают не забывать о преподавателях: необходимо разработать инструменты поддержки, которые помогут учителю эффективно использовать данные и внедрять интервенции [10].

Несмотря на успехи, LA сталкивается с рядом вызовов:

1 Интеграция данных: объединять разнородные учебные данные сложно. Несмотря на наличие стандартов (xAPI, Caliper), их использование ограничено. Часто данные остаются в «закрытых садах» отдельных LMS, и нет единого репозитория. Саму интеграцию (сопоставление разных метрик и форматов) нужно тщательно проектировать [2].

2 Конфиденциальность и этика: работа с данными студентов требует соблюдения приватности и объяснимости алгоритмов. SoLAR предупреждает об опасностях «чёрных ящиков» и смещённости данных. Недостоверные или необоснованные предсказания могут навредить студентам, поэтому современные исследования рекомендуют делать модели прозрачными (Explainable AI) и придерживаться этических норм [11].

3 Качество данных: данные из LMS могут быть неполными или нерелевантными (например, ученики нажимают на аватарки без учебного интереса). «Шум» в данных снижает качество аналитики, требуя дополнительных преобразований и фильтраций.

4 Организационные барьеры: надо обучать преподавателей работать с аналитикой и менять учебные практики. Без поддержки со стороны вузов и наставников LA часто остаётся недооценённым инструментом.

Текущие тенденции указывают на активное развитие искусственного интеллекта в LA: всё большую роль играют адаптивные модели и генеративные алгоритмы. Также растёт внимание к мультимодальным данным (напр., биометрия, сенсоры)

и к улучшению взаимодействия с пользователем (объяснимость, наглядные интерфейсы). В будущем исследователи, вероятно, будут уделять внимание: личной предиктивной аналитике, интеграции больших языковых моделей (для помощи в обучении) и оценке эффективности LA-инструментов в долгосрочной перспективе.

LA – многокомпонентная область, объединившая LMS, стандарты (xAPI), LRS-хранилища, ML-алгоритмы и дашборды. Современные системы LA построены по схеме: «LMS сбор событий, LRS аналитический движок, дашборды/уведомления». Основная ценность LA уже доказана (помогает мониторить прогресс, снижать отчисления, персонализировать обучение), но для полного раскрытия потенциала нужно решать технические и организационные проблемы. Будущие исследования должны концентрироваться на интеграции разнородных данных, повышении прозрачности алгоритмов и всестороннем оценивании эффектов аналитики на обучение.

В рамках дальнейшего исследования планируется разработка собственной системы Learning Analytics для онлайн-образовательной платформы. Предполагается реализация архитектуры, включающей сбор событий обучения, централизованное хранилище данных и аналитический модуль для построения предиктивных моделей и возможная интеграция со сторонними сервисами с уже готовыми решениями. Основной задачей системы станет выявление студентов, находящихся в зоне риска, а также предоставление преподавателям наглядных аналитических дашбордов.

Данная статья выполнена в рамках грантового финансирования проекта (грант № AP23485289) Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

1 https://www.solaresearch.org/about/what-is-learning-analytics

2 Samuelsen J., Chen W., Wasson B. Integrating multiple data sources for learning analytics—review of literature //Research and Practice in Technology Enhanced Learning. – 2019. – Т. 14. – №. 1. – С. 11.

3 https://www.eunis.org/download/2017/EUNIS_2017_paper_18.pdf

4 de Wit M., van Dompseler H., Manderveld J. How to start with learning analytics? Infrastructure and support //Proceedings of the 23rd Congress of European University Information Systems (EUNIS 17). – 2017. – С. 7-9.

5 https://www.instructure.com/resources/videos/inform-decision-making-canvas-admin-analytics

6 https://campustechnology.com/articles/2020/07/27/blackboard-expands-data-platform-launches-retention-solution.aspx

7 https://edly.io/blog/open-edx-technology-stack/

8 Sghir N., Adadi A., Lahmer M. Recent advances in predictive learning analytics: A decade systematic review (2012–2022) //Education and information technologies. – 2023. – Т. 28. – №. 7. – С. 8299-8333.

9 Cabral L., Pinto R., Gonçalves G. AI-powered learning analytics dashboards: a systematic review of applications, techniques, and research gaps //Discover Education. – 2025. – Т. 4. – №. 1. – С. 525.

10 Pan Z. et al. A systematic review of learning analytics: Incorporated instructional interventions on learning management systems //Journal of Learning Analytics. – 2024. – Т. 11. – №. 2. – С. 52-72.

11 https://www.solaresearch.org/about/what-is-learning-analytics

13 Viberg O., Hatakka M., Balter O., Mavroudi A. The current landscape of learning analytics in higher education. – International Journal of Educational Technology in Higher Education. –2018.

14 Scheffel M. et al. Learning analytics architecture. – EUNIS Conference, 2017.

RULE-BASED ПОДХОД К ВЫЯВЛЕНИЮ СТУДЕНТОВ ГРУППЫ РИСКА В E-LEARNING: ИНТЕРПРЕТИРУЕМЫЙ ДАШБОРД И ОБЪЯСНИМАЯ АНАЛИТИКА

КАБЖЕКЕНОВ А. Р.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ТОКЖИГИТОВА Н. К.
PhD, ассоц. профессор (доцент), Торайгыров университет, г. Павлодар

В последние годы электронное обучение стало неотъемлемой частью образовательных систем, а переход к онлайн-форматам открыл новые возможности для анализа учебного процесса. Одним из ключевых направлений исследований является прогнозирование академической успеваемости и выявление студентов группы риска для своевременных педагогических интервенций.

Целью данной статьи является разработка концепции аналитического дашборда для определения риска неуспеваемости

Таблица 1 – Набор метрик

Категория	Метрика	Определение/формула	Пороговые значения	Обоснование
Результаты	Доля набранных баллов G_{ratio}	$= \frac{\text{набранные баллы по всем тестам/ДЗ}}{\text{макс. возможные баллы}}$	Красный: <0.55; Жёлтый: 0.55–0.70; Зелёный: ≥0.70	Прямая метрика успеваемости; низкий G_{ratio} с большой вероятностью ведёт к провалу. Поддерживается выводами о предсказательной силе текущих оценок.
Динамика оценок	Прирост оценок $\Delta G(t)$	Разность $G_{ratio}(t) - G_{ratio}(t-1)$	Красный флаг: $\Delta G \leq 0$ при $G_{ratio} < 0.70$ 2 недели подряд.	Отрицательная тенденция при уже низких баллах рассматривается как дополнительный сигнал риска.
Выполнение работ	Пропуск сдач	$= \frac{\#\{\text{пропущенных ДЗ до текущей даты}\}}{\#\{\text{ДЗ с истёкшим дедлайном}\}}$	Красный: ≥0.30 или ≥2 пропуска; Жёлтый: 0.10–0.29	Отражает прокрастинацию/неготовность. Высокие пропуски дедлайнов это серьезный фактор риска.
Опоздания	Доля опозданий	$= \frac{\#\{\text{сдано после дедлайна}\}}{\#\{\text{сдано}\}}$	Красный: ≥0.40; Жёлтый: 0.20–0.39	Опоздавшие сдачи свидетельствуют о проблемах в самодисциплине. Согласно правилам LMS, late отмечаются для заданий после дедлайна. Высокая доля late часто сопутствует снижению итогового балла.

на основе интерпретируемых показателей учебной активности - без использования машинного обучения. Научная новизна заключается в: оценке риска через интерпретируемые поведенческие метрики [3, с. 2]; механизме персонализированных рекомендаций [3 с. 13]; расширении learning analytics dashboards за счёт объяснимой аналитики [5, с. 13].

Анализ литературы показывает, что прогнозирование успеваемости преимущественно основывается на методах машинного обучения (деревья решений, случайный лес, нейронные сети), которые обеспечивают высокую точность, но страдают от низкой интерпретируемости и зависимости от качества данных [1, с. 1]. Поведенческие данные LMS - частота входа, доступ к материалам, участие в обсуждениях, выполнение заданий -признаются наиболее значимым источником информации и коррелируют с итоговыми результатами [3, с. 2]. Вовлечённость студентов как многомерная характеристика также связана с более высокими академическими показателями [4, с. 1].

Существующие дашборды преимущественно информируют преподавателей, но слабо поддерживают выработку конкретных интервенций [5, с. 8]. Таким образом, выявлен дефицит интерпретируемых систем поддержки принятия решений, что и обусловливает подход данной работы: формализацию факторов риска в виде метрик и пороговых правил, пригодных для аналитического дашборда.

Предложенная таблица ниже, показывает набор метрик для выявления студентов группы риска (метрики в течение текущей недели курса). Пороговые значения условны и на практике настраиваются под конкретный курс. Обоснование основано на анализе литературы и авторской интерпретации выявленных закономерностей.

Каждая метрика выбиралась из практики аналитики LMS и выстроена так, чтобы быть интерпретируемой преподавателем. Пороги (красный/жёлтый/зелёный) установлены для индикации повышенного риска (сравнение с литературой о раннем предупреждении и практикой дашбордов). Следует отметить, что на первых неделях курса (адаптация студентов) можно использовать смягченные правила, чтобы не ложно помечать студентов (поддерживая принцип прозрачно объяснимых метрик).

Предлагается rule-based алгоритм, который в реальном времени (ежедневно или еженедельно) выполняет следующие шаги: сбор данных, расчет метрик, применение пороговых правил, присвоение рейтинга риска и генерация интервенции. Алгоритм формулируется как псевдокод:

Участие в курсе	Просмотры материалов	Количество событий типа “просмотр/загрузка курса” за неделю	Красный: ниже 10-го перцентиля по группе; Жёлтый: 10–25-й перцентиль	Очень низкое число просмотров указывает на потерю интереса/понимаемости.
Продуктивность	Продуктивные действия (A)	Число событий “submit/загрузка/пост в форуме” за неделю	Красный: <10-й перцентиль; Жёлтый: 10–25-й перцентиль	“Продуктивная активность” (ответы, отправки работ, сообщения) напрямую связана с достижениями. Низкая продуктивность означает пассивное участие.
Неактивность	Дней подряд без событий (D)	Максимальное число дней подряд без meaningful событий (логин, просмотр, submit)	Красный: ≥7 дней (на ранних неделях) или ≥10 (позже); Жёлтый: 4–6 дней	Длительный перерыв в активности может указывать на риск отставания и снижение вовлечённости.
Коммуникации	Отсутствие участия (C)	Нет сообщений/постов в форуме при наличии обязательных обсуждений	Красный: 0 постов в требуемых активных дискуссиях к концу недели 2	Участие в обсуждениях и коммуникация с преподавателем коррелируют с успехом. Полное отсутствие коммуникации при обязательных дискуссиях – тревожный сигнал.

```
Функция analyze_students(students, assignments, events):
  Для каждого студента S:
    Собрать баллы и возможные баллы по пройденным заданиям
    Вычислить G_ratio = earned_points / total_possible_points

    Если доступны данные как минимум за две предыдущие недели:
      Вычислить delta_grade = G_ratio(current_week) - G_ratio(previous_week)
      negative_trend = (delta_grade < 0) в течение 2 недель подряд
    Иначе:
      negative_trend = false

    Собрать список заданий с истекшим дедлайном и проверить статусы
    Если count(due_assignments) > 0:
      Вычислить R_miss = count(missing_submissions) / count(due_assignments)
    Иначе:
      R_miss = 0
    missing = count(missing_submissions)

    Если count(submitted) > 0:
      Вычислить R_late = count(late_submissions) / count(submitted)
    Иначе:
      R_late = 0

    Собрать логи событий за последнюю неделю
    V = число событий view/download
    A = число продуктивных событий (submit, форум, загрузка)
    C = число сообщений/постов на форуме
    D_inact = максимум дней подряд без meaningful-событий

    Нормализовать относительно группы контекстные показатели активности (например, V и A)

    Установить флаги:
      low_grade = (G_ratio < 0.55)
      many_missing = (R_miss >= 0.30 or missing >= 2)
      many_late = (R_late >= 0.40)
      low_views = (V < P10_group)
      low_activity = (A < P10_group)
      long_inactive = (D_inact >= 7)
      no_comm = (C == 0 and forum_required)

    risk_score = sum(вес * флаг) по выбранным индикаторам

    Если (low_grade и many_missing) или long_inactive:
      risk_class = RED
    Иначе если risk_score >= порог:
      risk_class = YELLOW
    Иначе:
      risk_class = GREEN

    Сформировать explanation
    Сформировать план действий
    Записать результат в дашборд
    Логировать решение и интервенции
```

Рисунок 1 – Псевдокод правило-ориентированного алгоритма (упрощенный).

Здесь пороги и веса (коэффициенты важности) задаются на основе экспертных гипотез и данных предыдущих запусков. Такой подход позволяет проводить качественный контроль: преподаватель видит, какие именно условия сработали. Например, если risk_class = RED, объяснением (explanation) будут сформулированы причины: «низкая доля баллов», «несколько пропущенных дедлайнов» или «несколько дней без активности». Это соответствует рекомендациям о прозрачности: аналитика должна быть понятна человеку.

Предложенный подход демонстрирует концептуальную применимость rule-based аналитики для раннего выявления студентов группы риска без использования методов машинного обучения. Использование интерпретируемых метрик и прозрачных правил позволяет обеспечить объяснимость решений и интеграцию в образовательный процесс. Однако предложенное решение имеет ряд ограничений:

Зависимость от курсового контекста: пороги метрик могут сильно меняться в зависимости от структуры курса (числа заданий, используемых форматов). Поэтому необходима калибровка правил для каждого курса. Хорошей практикой является анализ исторических данных курса для подбора порогов.

Ошибки сегментации: часть ошибок возникает из-за «ложных тревог» (например, студент учит вне системы или забыл зайти). Механизм апелляции/корректировки данных важен.

Возможное «шаманство»: знание порогов может привести к попыткам «обхитрить систему» (например, сдать что-то до дедлайна только ради галочки). Здесь важно пояснять студентам смысл метрик и постоянно обращаться к поддержке, а не угрозам.

Этические соображения: всегда следует помнить, что аналитика – это инструмент поддержки, а не наказания. Студенты должны чувствовать помощь, а не слежку.

Практические рекомендации: Интегрировать такой дашборд в инструментарий преподавателей и отделов поддержки обучения. Например, администраторы могут регулярно просматривать статистику и корректировать стратегию обучения (новые интерактивы, дополнительная практика). Поощрять студентов к «самоаналитике»: предоставлять им упрощенный view их собственных метрик (успеваемость, прогресс), чтобы они сами могли скорректировать поведение. Регулярно проверять метрики: с окончанием каждого курса собирать обратную связь и данные, анализировать, какие правила давали наилучший эффект. Возможно, с каждым семестром стоит обновлять правила по фактическим результатам.

Таким образом, даже без ML мы получаем объяснимую и гибкую систему поддержки студентов. Она опирается на выявленные в литературе индикаторы и дополнена авторской интерпретацией и формализацией правил, и хорошо ложится в концепции learning

analytics. Для практиков важно помнить: правила — лишь шаблон, важна обратная связь и настройка в зависимости от конкретных условий.

Данная статья выполнена в рамках грантового финансирования проекта (грант № AP23485289) Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

1 Yağcı, Mustafa. “Educational data mining: prediction of students’ academic performance using machine learning algorithms.” Smart Learning Environments 9.1 (2022): 11.

2 Namoun, Abdallah, and Abdullah Alshanqiti. “Predicting student performance using data mining and learning analytics techniques: A systematic literature review.” Applied Sciences 11.1 (2020): 237.

3 Qiu, Feiyue, et al. “Predicting students’ performance in e-learning using learning process and behaviour data.” Scientific Reports 12.1 (2022): 453.

4 Bellarhmouch, Youssra, et al. “Detecting student engagement in an online learning environment using a machine learning algorithm.” Informatics. Vol. 12. No. 2. MDPI, 2025.

5 Kaliisa, Rogers, Ioana Jivet, and Paul Prinsloo. “A checklist to guide the planning, designing, implementation, and evaluation of learning analytics dashboards.” International Journal of Educational Technology in Higher Education 20.1 (2023): 28.

«ОБЗОР ИНФОРМАЦИОННОГО ВЕБ-СЕРВИСА, ОРИЕНТИРОВАННОГО НА КИБЕРСПОРТ»

КОЖЕГЕЛЬДИНОВ Б. Е.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Современный этап развития общества, сформировавшийся после эпохи информатизации и компьютеризации, принято именовать периодом цифровизации. Это явление можно трактовать двояко: в широком понимании цифровая трансформация охватывает все сферы жизни общества, проникая в каждую его ячейку. В более узком смысле цифровизация фокусируется на информатике, означая перевод любой информации в цифровой формат для более эффективного практического использования.

Становление цифровизации началось с экономики, постепенно распространяясь на другие жизненно важные для человечества области. Этот процесс стимулируется возрастающей ролью Интернета и технологическими возможностями, позволяющими улучшать практически любую деятельность. Ярким проявлением этого влияния является стремительный рост популярности компьютерного спорта – киберспорта.

Исследование киберспорта как социокультурного феномена находится на ранних этапах. Среди научного сообщества продолжаются дебаты о его спортивной природе. Традиционные спортивные сторонники часто отвергают киберспорт, полагая, что отсутствие физической силы и ловкости в традиционном понимании обесценивает его как спорт. Однако углубленный анализ деятельности киберспортсменов показывает, что физическая активность и подготовка тела играют существенную роль, даже если соревновательные действия происходят в виртуальном пространстве.

Киберспорт, подобно традиционному спорту, имеет свои дисциплины, основанные на игровых жанрах: многопользовательские онлайн-ролевые игры (MMORPG), шутеры от первого лица, стратегии в реальном времени (RTS) и спортивные симуляторы.

Концепция киберспорта, предложенная Майклом Вагнером в 2006 году, расширяет традиционное определение спорта, добавляя к развитию умственных и физических способностей использование информационно-коммуникационных технологий.

Ключевое различие между спортом и киберспортом заключается в месте, где происходят действия, определяющие исход состязания. В традиционном спорте это «реальный мир», тогда как в киберспорте – «виртуальный». Несмотря на то, что киберспортсмены находятся в реальном мире, исход игры определяется их взаимодействием с цифровой средой через человеко-компьютерный интерфейс [1, с. 12].

Сегодня киберспорт признан международным сообществом как полноценный вид

спорта. Международная федерация киберспорта (IeSF), основанная в Южной Корее, активно работает над его признанием национальными федерациями, развитием единых правил, подготовкой кадров и проведением международных турниров. IeSF сотрудничает с правительствами, спортивными организациями и разработчиками игр, стремясь объединить мир киберспорта под единой юрисдикцией.

Киберспорт демонстрирует стремительный рост во многих странах мира. На переднем плане среди мировых игроков находятся Южная Корея, Франция, Китай, Соединённые Штаты Америки (США) и Россия.

Одним из первых лидеров в области киберспорта стала Южная Корея. Уже в 2001 году было основано Korean e-Sports Players Association (KeSPA).

Франция стала одной из первых стран, признавших киберспорт официальным видом спорта. Турниры, такие как LFL и ESL Pro League, собирают значительную аудиторию, а масштабные мероприятия вроде DreamHack демонстрируют высокий уровень популярности киберспорта на территории страны.

Китай неуклонно укрепляет свою позицию лидера в этом секторе, реализуя масштабные проекты по развитию инфраструктуры, получая поддержку со стороны государства, взаимодействуя с ведущими IT-гигантами, включая Tencent, и обеспечивая массовую популярность игровых дисциплин. Международное признание получили китайские соревнования - такие как LPL и CDEC Cup.

Киберспорт в США - это стремительно растущая отрасль. Страна занимает первенство в популярных дисциплинах, таких как League of Legends, CS2, Valorant, Overwatch, Call of Duty и FIFA.

С 2016 года киберспорт официально признан видом спорта в России. Лидирующей дисциплиной считается Dota 2 - российская сборная завоевала первое место на турнире The International 2021. Также высокую популярность имеют игры CS2 и League of Legends (LCL). Развитие стриминга наблюдается благодаря платформам Twitch и студиям прямого эфира [2, с. 4].

Казахстан, в последние годы активно заявил о себе в сфере киберспорта. Изначально фокус был на дисциплинах вроде Dota 2 и Counter-Strike: Global Offensive. Такие коллективы, как Virtus.pro и Gambit Esports, послужили источником вдохновения для юных казахстанских геймеров.

С 2018 года Киберспортивная федерация Казахстана (QCF) организовала свыше 435 состязаний по 15 различным играм. В городах страны появляются специализированные киберспортивные клубы и центры, предлагающие инфраструктуру для тренировок, проведения турниров и обмена опытом. Бизнес-сообщество и государственные структуры признают значительный потенциал киберспорта, оказывая ему активную поддержку. IT-стартапы и компании инвестируют в формирование профессиональных игровых

коллективов и подготовку молодых талантов. Казахстанские команды успешно представляют страну на международной арене. Присутствие казахстанских спортсменов в составе таких мировых гигантов, как Virtus.pro, свидетельствует о высоком уровне мастерства игроков из страны. Университеты Казахстана начинают внедрять образовательные программы по киберспорту.

Вопреки распространенному мнению о преобладании мужчин в киберспорте, Казахстан активно способствует развитию женского киберспорта. Это способствует увеличению гендерного разнообразия и создает равные стартовые условия для всех. Имена Мадины Камзиной (основатель BRAVO VemsFemina), Рау Турсуновой (капитан команды по Dota 2) и Стеллы Ким (главный судья Федерации киберспорта) прочно ассоциируются с казахстанским киберспортом.

Победы казахстанских команд на мировых чемпионатах получают все большее признание. Это не только укрепляет престиж страны на международной арене, но и служит мощным стимулом для молодых игроков мечтать о глобальном успехе [3, с. 6].

Рост глобального киберспорта напрямую зависит от развития компьютерных технологий. Досуговые соревнования превратились в организованные профессиональные лиги, а сегодня крупнейшие международные турниры проходят во вместимых спортивных залах, где призовые суммы достигают миллиона долларов и более. Размеры призовых в киберспорте служат ярким индикатором прогресса отрасли и её потенциала для инвесторов. Если в начале двадцать первого века призовые пулы исчислялись лишь скромными суммами в несколько тысяч долларов, то на сегодняшний день ведущие мировые соревнования, включая The International по Dota 2 и World Championship по League of Legends, предлагают призовые фонды, достигающие десятков миллионов долларов.

Бурный рост киберспорта способствует росту числа интернет-ресурсов, посвящённых покрытию турниров, анализу результатов игр и предоставлению статистических данных.

С учётом возросшей популярности киберспорта в РК, все крупные турниры, события и проекты реализуются при участии благотворителей и спонсоров. Среднесрочные и долгосрочные цели настоящей концепции будут опираться на социально ориентированную деятельность бизнеса, учитывающую потребности развития инфраструктурных решений в области киберспорта. При дефиците бюджетных средств успешный прогресс в этой сфере

станет возможным за счёт поддержки от коммерческих партнёров, таких как:

– компании, занимающиеся производством компьютерной техники и периферии;

– провайдеры мобильной и интернет-связи;

– букмекерские конторы, активно поддерживающие киберспортивные ивенты;

– бренды, работающие в цифровой экосистеме и ориентированные на молодую аудиторию.

Подобный подход акцентирует внимание на значимости сотрудничества с предпринимательским сектором как ключевом факторе становления и укрепления киберспортивной индустрии в Республике Казахстан. Создание специализированных объектов - арен, тренировочных центров и киберклубов - станет существенным шагом в подготовке молодёжи, склонной к данному виду деятельности. Такие инициативы окажут влияние на расширение смежных направлений: ИТ-технологий, маркетинга, рекламы, организации событий, продюсирования и производства стримов, а также породят новые рабочие места.

Развитие киберспорта открывает перспективы для привлечения капитала извне, особенно со стороны крупных международных компаний, спонсоров и организаторов чемпионатов. Обеспечение стабильного и масштабируемого доступа к интернету высокой скорости имеет решающее значение для успешного функционирования киберспортивной среды и формирования устойчивой цифровой экономики страны.

Более того, вовлечение ведущих глобальных IT-гигантов даст возможность реализации масштабных инвестиционных программ, в том числе в рамках государственно-частного партнёрства, одновременно снижая риск утечки талантливых игроков за границу. Формирование сложной экономической модели с чёткой системой договорённостей и юридических механизмов защиты прав участников поможет гарантировать безопасность спортсменов и мотивировать команды к долгосрочной работе.

Также целесообразно поддерживать проекты, сочетающие физическую активность с современными цифровыми решениями - например, разработку игровых продуктов на основе технологий дополненной и виртуальной реальности [4, с. 10].

Учитывая анализ существующей ситуации, опыт других стран, стратегические ориентиры и ключевые принципы развития

киберспорта, Концепция предусматривает реализацию мероприятий в рамках пяти основных направлений:

– развитие киберспорта в образовании;

– информационная поддержка киберспорта;

– популяризация киберспорта;

– киберспорт как спорт высших достижений;

– стабильность развития киберспорта.

Современные онлайн-сервисы в сфере киберспорта можно условно разделить на четыре основные категории:

Ресурсы с информацией и статистикой (например, HLTV, Liquidpedia,

Cybersport.ru). Они служат источником исторических данных, результатов соревнований и рейтингов команд.

Платформы для организации турниров (например, FACEIT, ChallengerMode):

Эти сервисы автоматизируют процесс поиска соперников и управление турнирной сеткой.

Сервисы для трансляций и медиа (например, Twitch, YouTube Gaming).

Являются основными каналами для потребления контента.

Аналитические инструменты (например, Shadow.gg, PandaScore). Применяют

искусственный интеллект и API для детального анализа игровых тактик и стратегий [5, с. 14].

Сравнительный обзор популярных информационных ресурсов, посвященных киберспорту. В него вошли новостные сайты, аналитические сервисы и платформы со статистическими данными.

Таблица 1 – Сравнительный обзор

№	Сервис	Тип	Основной фокус
1	HLTV	Статистика + новости	Counter-Strike
2	Liquipedia	Вики-база	Турниры и составы
3	Cybersport.ru	Новостной портал	Новости и аналитика

Нынешние интернет-ресурсы фокусируются либо на статистических данных, либо на новостях, что обосновывает важность создания многофункционального веб-сервиса, который интегрирует аналитические сведения, информацию о соревнованиях и актуальные киберспортивные события.

Несмотря на присутствие на рынке влиятельных игроков, наблюдается нехватка комплексных, интегрированных решений. Ключевые сложности текущих предложений включают:

– разрозненность информации: пользователям приходится использовать 3-4

– разныхресурса, чтобы получить полную картину (статистика, новости, расписание).

– высокий порог входа: аналитические инструменты часто нацелены на профессиональные организации, оставляя любительский сегмент без доступа к качественной аналитике.

– несвоевременное обновление данных: многие бесплатные API демонстрируют задержки в актуализации информации о статусе матчей [6].

В сфере создания продвинутых информационных платформ для любителей киберспорта, передовые веб-решения занимают центральное место.

При создании онлайн-платформы для киберспортивных новостей первостепенное значение отводится простоте и удобству взаимодействия с пользователем. Интуитивно понятная навигационная система дает возможность пользователям оперативно находить нужные сведения, будь то игровая статистика, расписания соревнований или последние новости из мира киберспорта. Современные веб-решения также полагаются на персонализацию контента, предоставляя пользователям информацию, максимально соответствующую их личным предпочтениям и интересам.

Интеграция элементов социальной активности в структуру веб-сервиса также является значимым фактором. Функции, такие как комментирование матчей, участие в дискуссиях, создание рейтингов и прогнозов, существенно повышают уровень вовлеченности пользователей [7].

Перспективным вектором развития подобных платформ является внедрение технологий анализа данных и машинного обучения. Основываясь на статистической информации о матчах, игроках и коллективах, можно разрабатывать аналитические модели для предсказания исходов соревнований, определения преимуществ и недостатков команд, а также для изучения игровых тактик. Такие инструменты будут востребованы как профессиональными игроками и аналитиками, так и рядовыми энтузиастами киберспорта.

На основании изучения предметной области и имеющихся решений установлено, что современные киберспортивные

площадки чаще всего фокусируются на узкоспециализированных задачах - предоставлении статистики, распространении новостей или организации турнирных соревнований. Это вынуждает пользователей переключаться между различными сервисами, чтобы получить полный комплекс информации [8].

Поэтому создание универсального веб-ресурса, объединяющего статистические показатели, аналитические материалы и новости, приобретает важнейшее значение. Разработка такой платформы обеспечит более комфортный доступ к киберспортивному контенту, а также сформирует единое цифровое пространство для участников, экспертов и болельщиков. Разработка уникальных онлайн-платформ, предназначенных для агрегации и изучения данных из мира киберспорта, вышла за рамки простого модного веяния, став жизненно важным элементом для прогресса этой сферы. В нашу эпоху информация является ключевым активом, предоставляя профессиональным коллективам инструменты для совершенствования тактики, организаторам - возможность создавать более привлекательный контент, а поклонникам - более глубокое понимание игровых процессов.

В контексте, где исход состязания определяется буквально за доли мгновения, наличие передовой аналитической системы трансформирует беспорядочное движение событий в упорядоченную информационную сеть. Создание таких систем способствует открытости турниров и открывает свежие пути для получения прибыли и расширения базы поклонников. По сути, именно обработка больших данных (Big Data) проложит тот путь, который окончательно поставит киберспорт в один ряд с классическими видами спорта по степени профессионализма и значимости в медиапространстве.

ЛИТЕРАТУРА

1 Алмазова И. Г., Числова С. Н., Кондакова И. В., Зайцева Н. В., Гладышева М. С. Информационные технологии в развитии киберспорта как образовательного потенциала молодежи. // Перспективы науки и образования. - Елец, 2022. - 20 с.

2 Буянова А. В., Козилина В. Киберспорт: История становления, современное состояние и перспективы развития. - Москва, 2017. - 4 с.

3 Ведерникова Т. И., Голяндин Ю. Н. Система автоматизации проведения киберспортивных соревнований «CyberArenaPro». - Иркутск, 2018. - 8 с.

4 Жариков. Д.С. Разработка платформы для предиктивного анализа в киберспорте. - Санкт-Петербург, 2023. - 37 с.

5 Пимонов. В.А. Разработка клиент-серверного приложения для прогнозирования результатов матчей по киберспортивной дисциплине «Dota 2» на основе методов машинного обучения. - Томск, 2019. - 76 с.

6 История индустрии, развитие в РФ, возможность рекламных интеграций для Брендов. [Электронный ресурс]. - URL: https://omnimix.agency/blog/kibersport-vozmozhnost-reklamnykh-integraczij-dlya-brendov [дата обращения 17.03.2026]

7 Киберспорт: обзор (не очень) нового рубежа в цифровых развлечениях. [Электронный ресурс]. - URL: https://www.wipo.int/ru/web/wipo-magazine/articles/esports-an-overview-of-a-newish-frontier-in-digital-entertainment-42756 [дата обращения 17.03.2026]

8 Об утверждении Концепции развития киберспорта в Республике Казахстан на 2025-2029 годы. [Электронный ресурс]. - URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2500000399#z100 [дата обращения 12.03.2026]

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ

МУХАНОВ Т. С.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ТОКЖИГИТОВА Н. К.
PhD, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В эпоху стремительного технологического прогресса цифровая трансформация коснулась всех аспектов человеческой жизни, и сфера образования не стала исключением. Сегодня рост цифровизации открыл миллионам пользователей по всему миру беспрепятственный доступ к колоссальным информационным ресурсам. Особое место в этом процессе занимают платформы для изучения иностранных языков. Благодаря повсеместному распространению мобильных устройств, образовательный процесс перестал быть привязанным к учебной аудитории, что дало мощный толчок развитию онлайн обучения [1, с. 295].

Современные мобильные технологии оказали значительное влияние на методику преподавания иностранных языков. Использование смартфонов, планшетов и ноутбуков позволило

учащимся получать доступ к учебным материалам в любое время и в любом месте, что способствует развитию самостоятельного обучения и индивидуализации образовательного процесса. Пользователь может самостоятельно выбирать темп и интенсивность занятий, что формирует чувство контроля над собственным обучением и повышает мотивацию к изучению языка. В таких условиях наблюдается стремительный рост образовательных онлайн-проектов и цифровых платформ, ориентированных на практическое освоение языковых навыков и быстрый результат.

В 2009–2010 годах, когда массовый потребитель осознал потенциал смартфонов, количество пользователей значительно возросло. Новые мобильные устройства сыграли ключевую роль в распространении сетей 3G, благодаря чему люди начали активно использовать телефоны не только для звонков и SMS, но и для доступа к онлайн услугам [2].

Помимо этого, ключевую роль в развитии онлайн-обучения сыграла глобализация. Владение иностранным языком стало важным условием для построения успешной карьеры и получения качественного образования. Знание иностранных языков существенно облегчает межкультурное общение с иностранцами и делает пребывание в чужой стране более комфортным. В связи с этим школы и высшие учебные заведения активно интегрируют языковые дисциплины в образовательные программы, делая школьников и студентов более адаптированными к процессам социализации и конкурентоспособными на рынке труда.

В данной работе рассматриваются современные платформы для изучения иностранных языков на примере Duolingo, Busuu и Preply, а также применяемые ими подходы к организации онлайн-обучения.

Бета-версия приложения Duolingo впервые была запущена в 2011 году, а уже в 2012 году было выпущено под iOS в App Store. Платформа имеет около 100 миллионов активных пользователей. Приложение доступно для iOS, Android, Windows и Web.

Процесс обучения в приложении Duolingo носит ярко выраженный геймифицированный характер. Геймификация представляет собой использование игровых элементов в неигровом контексте для повышения вовлеченности пользователей [3, с. 9]. При первом запуске приложения пользователя встречает зелёная сова Дуо, официальный символ платформы Duolingo, которая проводит вводный опрос для определения родного и изучаемого

языка пользователя, а также текущего уровня владения языком. После этого система формирует индивидуальный план обучения.

Продвижение по курсу реализовано в форме игрового дерева, где новые уровни открываются по мере прохождения предыдущих уроков. Пользователь может изучать несколько языков одновременно. В процессе обучения пользователь располагает рядом игровых ресурсов, таких как ударный режим, очки опыта и энергия. Ударный режим отражает количество дней подряд, в течение которых пользователь выполнял задания. После каждого пройденного урока отображаются полученные очки опыта, процент правильных ответов и затраченное время. Очки опыта используются для отслеживания прогресса и участия в лигах среди других пользователей. Обучающиеся, сохраняющие позиции в зоне повышения, переходят в следующую лигу.

Каждое упражнение требует затраты одного деления энергии. Энергия восполняется по прошествии определённого времени либо при выполнении серии упражнений с правильными ответами подряд, что стимулирует пользователей к более вдумчивому выполнению заданий.

Уроки состоят из коротких упражнений различных типов: выбор правильного ответа, установление соответствий, перевод предложений, задания на аудирование и произношение. Некоторые типы заданий могут быть отключены в настройках по выбору пользователя. Если пользователь успешно выполняет упражнения, платформа автоматически предлагает более сложные задания из более высоких уровней. Система также запоминает ошибки, допущенные на протяжении всего курса, и формирует задания, направленные на их отработку. Результаты эмпирического исследования показали, что обучающиеся, использующие курсы Duolingo для изучения английского языка, демонстрируют заметное улучшение навыков чтения и аудирования после завершения базового уровня обучения [4, с. 268].

В приложении присутствует платный контент в виде подписки, предоставляющей ряд преимуществ, включая бесконечную энергию и отсутствие рекламы. Пользователь может сохранить ударный режим с помощью функции «заморозки», приобретаемой за кристаллы. Кристаллы – внутриигровая валюта которая начисляется за выполнение ежедневных заданий, завершение групп уроков, просмотр рекламы, а также могут быть получены посредством микротранзакций.

Другой популярной платформой для изучения иностранных языков является Busuu, выпущенная в 2008 году. Платформа доступна на iOS, Android и Web. Платформа предлагает 14 языковых курса, включая английский, испанский, немецкий, французский и итальянский.

Обучение в Busuu строится на интерактивных упражнениях, включающих развитие навыков произношения, чтения, письма и пополнение словарного запаса. Главной особенностью платформы является использование принципа взаимного обучения. Пользователи могут отправлять выполненные задания на проверку носителям языка, которые оставляют комментарии и исправления.

Образовательный контент в Busuu организован в виде курсов, разделённых на уровни, соответствующие общеевропейской системе CEFR. Каждый уровень включает тематические модули, состоящие из последовательных уроков. Пользователь продвигается по курсу линейно, что обеспечивает логичное и постепенное усложнение материала. Для отслеживания прогресса в Busuu используется система процентов выполнения курса, статистика активности и напоминания о регулярных занятиях. По сравнению с платформой Duolingo элементы геймификации представлены в более ограниченном виде и выполняют вспомогательную роль.

В работе Ф. Роселл-Агилара, посвящённой анализу пользовательского опыта приложения Busuu, было установлено, что большинство пользователей положительно оценивают влияние платформы на развитие языковых навыков. Согласно результатам исследования, более 82% респондентов отметили, что использование приложения способствовало улучшению их знаний иностранного языка, а 86% участников оценили приложение как хорошее или очень хорошее средство обучения [5, с. 874].

Третьим примером современной языковой платформы является Preply. Платформа насчитывает более 100 000 репетиторов, что делает её одной из крупнейших мировых сетей для индивидуального обучения. Обучение может проходить в любом современном браузере, а также через мобильные приложения на базе iOS и Android.

При первом использовании платформы пользователь выбирает изучаемый язык, формулирует цель обучения и определяет желаемый уровень владения языком. На основе этих параметров система предлагает список подходящих преподавателей, различающихся по опыту, специализации, стоимости занятий

и формату обучения. Обучение в Preply построено на иерархии учитель-ученик и осуществляется в формате онлайн-уроков по видеосвязи. В то же время, ученик выбирает удобное время занятий и согласовывает индивидуальный учебный план с преподавателем. Уроки адаптируются под уровень и цели обучающегося. Preply предоставляет преподавателю встроенные инструменты такие как интерактивная доска, чат и систему обмена файлами. Обучающийся получает домашнее задание и рекомендации под конец урока как в обычных учебных заведениях.

В конце каждого занятия обучающийся получает персонализированный отчет, помогая ему сохранять мотивацию и отслеживать свой прогресс. ИИ адаптирует практические задания под цели пользователя, способствуя формированию привычки регулярной практики и закреплению словарного запаса. В то же время для преподавателя это является удобным инструментом для отслеживания прогресса.

Присутствуют короткие разговорные задания на базе искусственного интеллекта, которые помогают пользователям развивать навыки говорения. Данный тип заданий моделирует жизненные ситуации: от заказа еды в закусочном заведении до рабочих совещаний. На данный момент имеется 8 готовых сценариев. Если необходимо, преподаватель может создавать свои сценарии под конкретные цели ученика. Одна сессия длится в среднем около 3 минут и проходит в формате аудиозвонка. Обучающийся отвечает устно, а ИИ подстраивает разговор по мере диалога и уровень владения языком. При необходимости, можно вручную поменять уровень в настройках [6].

Взаимодействие онлайнрепетитора и учащихся существенно влияет на мотивацию обучающихся, что является важным условием успешного освоения коммуникативных навыков и продолжения занятий [7]. Индивидуальные онлайн-уроки, реализуемые через платформы вроде Preply, не только обеспечивают персонализацию обучения, но и поддерживают внутреннюю мотивацию студента, способствуя лучшему закреплению языковых навыков.

Сравнение рассмотренных цифровых платформ представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика платформ

Платформа	Тип обучения	Основные технологии	Особенности
Duolingo	Самостоятельное обучение	Геймификация, алгоритмы адаптивного обучения, анализ ошибок	Обучение через короткие игровые упражнения, система уровней, очков опыта и ежедневных заданий
Busuu	Социальное обучение	Интерактивные упражнения, социальная платформа для взаимной проверки	Пользователи могут отправлять задания носителям языка и получать обратную связь
Preply	Индивидуальное обучение с преподавателем	Видеосвязь, персонализированные рекомендации, элементы искусственного интеллекта	Занятия проходят в формате онлайн-уроков с репетитором, учебный процесс и содержание занятий гибко адаптируются под цели и уровень обучающегося

Таким образом, было рассмотрено, как современные цифровые платформы для изучения иностранных языков реализуют различные модели организации онлайн-обучения, каждая из которых ориентирована на определённые задачи и тип взаимодействия пользователя с учебным контентом. Рассмотренные платформы отражают различные подходы к организации обучения: от преимущественно самостоятельной работы пользователя с элементами геймификации до социального взаимодействия между обучающимися и формата индивидуальных занятий с преподавателем. Такое разнообразие моделей позволяет пользователям выбирать наиболее подходящий формат обучения в зависимости от целей, уровня подготовки и предпочтительного стиля изучения языка.

Развитие подобных образовательных сервисов свидетельствует о постепенном формировании гибкой цифровой экосистемы языкового обучения, в которой мобильные технологии, элементы адаптивного обучения и персонализированные образовательные траектории становятся важными инструментами повышения эффективности изучения иностранных языков. В дальнейшем совершенствование онлайн-платформ, включая расширение возможностей искусственного интеллекта и интерактивных форм

взаимодействия, может способствовать дальнейшему повышению доступности и результативности языкового образования.

ЛИТЕРАТУРА

1 Kukulska-Hulme A. Mobile language learning now and in the future // Från vision till praktik: Språkutbildning och Informationsteknik (From vision to practice: Language learning and IT) / ред. P. Svensson. – Sweden: Swedish Net University, 2006. – С. 295–310.

2 Measuring Digital Development: Facts and Figures [Электронный ресурс]. – URL: https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2010.pdf

3 Deterding S., Dixon D., Khaled R., Nacke L. From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification // Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference. – Tampere, Finland: ACM, 2011. – С. 9–15.

4 Jiang X., Peters R., Plonsky L., Pajak B. The Effectiveness of Duolingo English Courses in Developing Reading and Listening Proficiency // CALICO Journal. – 2024. – Т. 41. – № 3. – С. 249–272.

5 Rosell-Aguilar F. Autonomous language learning through a mobile application: a user evaluation of the Busuu application // Computer Assisted Language Learning. – 2018. – Т. 31. – № 8. – С. 854–881.

6 Scenario practice on Preply: Extra speaking support between lessons [Электронный ресурс]. – URL: https://help.preply.com/en/articles/11813414-scenario-practice-on-preply-extra-speaking-support-between-lessons

7 Fandiño F. G. E., Velandia A. J. S. How an online tutor motivates E-learning English // Heliyon. – 2020. – Т. 6. – № 8. – С. e04630.

ҒИМАРАТ ІШІНДЕГІ АДАМДАРДЫҢ ТЫҒЫЗДЫҒЫН ЖӘНЕ НАҚТЫ САНЫН ЖОҒАРЫ ДӘЛДІКПЕН АНЫҚТАЙТЫН ЖӘНЕ ҒИМАРАТТЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНЕ ИНТЕГРАЦИЯЛАНАТЫН, БЕЙНЕБАҚЫЛАУ ДЕРЕКТЕРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ҚОСЫМШАСЫНЫҢ ӘЗІРЛЕУ

ОСПАНОВА Н. Н.
п.ғ.к., доцент, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
ЖҮСІП Н. Н.
магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Мониторинг жүйесін іске асыру және ғимарат ішіндегі адамдардың санын дәл есептеу үшін YOLO және DeepSORT компьютерлік көру алгоритмдеріне негізделген бағдарламалық кешен қолданылады. Жүйенің негізгі міндеті-бақылау камераларынан бейне ағыны арқылы кіріс және шығыс ағындарды басқаруды автоматтандыру. YOLO алгоритмі адамдарды нақты уақыт режимінде анықтайды, содан кейін DeepSORT технологиясы әр объектіге бірегей идентификатор тағайындайды. Бұл кадрдағы белгілі бір адамды тұрақты бақылауға мүмкіндік береді, басқа адамдар қысқа мерзімді қабаттасқан кезде объектіні қайта есепке алуды немесе жоғалтуды болдырмайды.

Нақты санау механизмі бақылау шекарасы ретінде әрекет ететін бағдарламалық қамтамасыз етілген виртуалды желі арқылы жүзеге асырылады. Бұл сызықты бақыланатын объектінің масса орталығы кесіп өткенде, жүйе оның қозғалыс бағытын талдайды және «кіру» және «шығу»есептегіштерін автоматты түрде жаңартады. Бұл тәсіл қолмен бақылауды қажет етпестен үй ішіндегі адамдардың ағымдағы тығыздығы мен жалпы саны туралы деректердің жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді. Кадрларды өңдеуді оңтайландыру жүйенің тұрақты жұмыс істеуіне мүмкіндік береді, тіпті бақылау аймағы арқылы қарқынды қозғалыс кезінде де статистиканы дұрыс жүргізуді қамтамасыз етеді.[1, 1-3 б.]

Адамдарды анықтау және санау — кескінді өңдеудегі маңызды ұғым. Соңғы жылдары көптеген зерттеушілер адамдарды анықтау және санау мәселесімен айналысты.[1, 1-3 б.]

Адамдарды анықтау және санау мәселесін екі негізгі тәсілді қолдану арқылы зерттеуге болады. Бірінші тәсіл-қызығушылық сызығы (LOI), онда камера виртуалды сызыққа бекітіледі және сол сызықты кесіп өтетін адамдар есептеледі; екінші тәсіл — белгілі

бір аймақтағы адамдар есептелетін қызығушылық аймағы (ROI). Бұл жұмыста біз loi тәсілін қолданамыз, өйткені бейне ағындары жоғары орналасқан камерадан түсіріледі[2]

Кесте 1 – Бақылау жүйелеріне арналған анықтау модельдерін салыстырмалы талдау.

Модель	Нұсқа (Size)	Дәлдік (mAP@50-95)	Жылдамдығы (CPU, ms)	Параметрлер (M)
YOLOv5	v5n (Nano)	28.0%	45.0	1.9
YOLOv8	v8n (Nano)	37.3%	80.4	3.2
YOLOv10	v10n (Nano)	38.5%	1.84 (GPU)	2.3
YOLO11	11n (Nano)	39.4%	~17.0 (FPS: 57)	2.6

Кестеде келтірілген деректер YOLO отбасылық архитектураларының эволюциясын және олардың жоғары дәлдіктегі үй-жайларды бақылау тапсырмаларына қолданылуын көрсетеді.

Анықтау тиімділігі: YOLOv5-тен YOLO11-ге көшу дәлдіктің тұрақты өсуін көрсетеді. YOLO11n моделі mAP мәніне 39.4% жетеді, бұл негізгі YOLOv5n мәнінен 11.4% жоғары. сіздің жүйеңіз үшін бұл өте маңызды, өйткені жоғары дәлдік күрделі жарықтандыру немесе объектілердің ішінара қабаттасуы (окклюзия) жағдайында адамдарды санау кезінде жалған позитивтерді азайтады [3].

Есептеу оңтайландыру: архитектураның күрделілігіне қарамастан, қазіргі «нано» нұсқаларындағы параметрлер саны минималды болып қалады. Бұл қолданбаны бюджеттік edge құрылғыларына орналастыру мүмкіндігін растайды.

Өңдеу жылдамдығы: YOLOv8 және YOLO11 оңтайлы тепе-теңдікті көрсетеді. YOLOv5 ең жылдам болып қала берсе де, оның anchor-free архитектурасының болмауы оны камерадан әртүрлі қашықтықтағы адамдарды анықтау кезінде икемділікті төмендетеді [3].

Салыстырмалы талдау негізінде жүйені енгізу үшін DeepSORT алгоритмімен байланыстырылған yolov8n моделі таңдалды. Жаңа нұсқалардың шығуына қарамастан, дәл осы сәтте сегізінші ұрпақ трекингтің тұрақтылығы мен ғимараттарды басқару жүйелеріне интеграциялаудың қарапайымдылығы арасындағы ең жақсы тепе-теңдікке ие.

Жүйенің жұмыс істеу алгоритмі

– Камера арқылы бейнелерді жинау: Нақты уақыт режимінде бейнебақылау камераларынан бейне ағынын алу.

– OpenCV көмегімен бейнелерді алдын ала өңдеу

– YOLOv8 және DeepSORT арқылы адамдарды тану және қадағалау: Объектілерді детекциялау және оларға бірегей ID беру арқылы трекинг жасау.

Сызықтық қиылысу негізінде адамдардың санын есептеу: Белгіленген виртуалды сызықтан өткен адамдарды «кірді» немесе «шықты» деп тіркеу.

Бағдарламалық жасақтаманы таңдау ең аз кідірістермен жоғары кадр жиілігіне жету қажеттілігіне байланысты. Әзірленген қосымшаның негізінде yolov8 детекторы мен DeepSORT трекерінің интеграциясы жатыр, бұл бір объектіні басқа адамдармен немесе интерьер элементтерімен қысқа мерзімді қабаттасқан кезде «қайта санау» мәселесін шешуге мүмкіндік береді.Бағдарламалық жасақтама бейне ағынын өшіру және кадр матрицаларын өңдеу үшін OpenCV кітапханасын пайдаланып Python тілінде орындалады. Стандартты фондық азайту әдістерінен айырмашылығы, ұсынылған тәсіл объектілердің белгілерін алу үшін терең оқытуды қолданады. бір тақталы компьютерлер негізінде интеллектуалды санау жүйелерін құру кезінде модельдің салмағын оңтайландыру өте маңызды. Бұл жұмыста yolov8n нұсқасы қолданылады, оның параметрлері шамамен 3.2 миллион, бұл жүйені қалыпты жарық жағдайында 85 % - дан астам дәлдікті жоғалтпай есептеу ресурстары шектеулі құрылғыларға орналастыруға мүмкіндік береді.. Бұл ғимарат әкімшісіне нақты уақыт режимінде адам тығыздығының белгіленген шегінен асып кету туралы хабарлама алуға мүмкіндік береді. Санау логикасы кадр жазықтығында берілген виртуаль L виртуаль виртуалды сызығына қатысты шектеу қорабының орталық нүктесінің қозғалыс векторына негізделген [3].

Математикалық тұрғыдан бұл объекта уі объекта объектісінің ординат белгісінің линии yline линии жолының координатасына қатысты өзгеру шарттарын тексеру арқылы көрсетіледі:

$$\sum \begin{matrix} In = In + 1, & \text{если } y_{i(t-1)<y_{line}} \text{ и } y_{i(t)} \geq y_{line} \\ Out = Out + 1, & \text{если } y_{i(t-1)>y_{line}} \text{ и } y_{i(t)} \leq y_{line} \end{matrix}$$

Формула 1 – Виртуалды шекара қиылысын анықтаудың математикалық моделі

Математикалық модель нысанның y{i} ординатасының мәні y{line} координатасына қатысты өзгеруін тексеруге негізделеді. Бұл жерде алгоритмнің параметрлері келесідей сипатталады:t және t-1

индекстері: уақыттың ағымдағы және алдыңғы кадрларын білдіреді. Бұл екі күй арасындағы айырмашылықты талдау нысанның қозғалыс бағытын анықтауға мүмкіндік береді.y{i(t)} және y{i(t-1)} мәндері: і-ші нысанның ағымдағы және алдыңғы кадрдағы орталық нүктесінің ординаталары. Осы мәндерді y{line} тұрақтысымен салыстыру арқылы виртуалды шекараның қиылысу сәті тіркеледі.In = In + 1 операциясы: ғимаратқа кірген адамдар санының артуы. Егер алдыңғы кадрда нысан сызықтан жоғары болып, ағымдағы кадрда сызықтан төмен немесе оның деңгейінде орналасса, нысанның ішке қарай қозғалысы расталады. Out = Out + 1 операциясы: ғимараттан шыққан адамдар санын есептеу. Бұл жағдайда нысанның сызықтан төменгі аймақтан жоғарғы аймаққа ауысу шарты тексеріледі.Бұл алгоритмдік тәсіл DeepSORT трекерімен бірге жұмыс істей отырып, адамның сызық бойында қысқа мерзімді тоқтап қалуы немесе детекциядағы «шуылдар» кезінде қате есептеулерді болдырмайды, өйткені жүйе нысанның бүкіл траекториясы бойында оның бірегей ID нөмірін қадағалап отырады.

Ұсынылған YOLOv8 және DeepSORT алгоритмдерінің интеграциясы виртуалды шекара арқылы өтетін адамдар ағынын жоғары дәлдікпен тіркеуді қамтамасыз етеді. Математикалық модель негізінде жасалған «кіру» және «шығу» есептегіштері нысандардың траекториясын талдау арқылы статистикалық мәліметтердің дұрыстығын 85%-дан астам деңгейде сақтайды. OpenCV кітапханасын пайдалана отырып, бейнебақылау камераларынан келетін ағынды кадрлық деңгейде өңдеуге және нысандарға бірегей идентификаторлар (ID) тағайындау арқылы олардың қозғалыс траекториясын үздіксіз бақылауға мүмкіндік береді. Бұл нәтижелер әзірленген бағдарламалық кешеннің ғимараттарды басқару жүйелеріне интеграциялануға толық дайын екенін және нақты уақыт режимінде адамдардың тығыздығын бақылауда жоғары сенімділік көрсететінін айғақтайды. Жүйенің тиімділігі шамамен 3.2 миллион параметрі бар YOLOv8n моделін қолдану арқылы негізделеді, бұл есептеу ресурстары шектеулі бюджеттік құрылғыларда кадрларды өңдеуді оңтайландыруға мүмкіндік береді. Мұндай архитектуралық шешім нысандардың қысқа мерзімді қабаттасуы кезінде қайта санау мәселесін жойып, ғимарат әкімшісіне адамдар санының белгіленген шегінен асып кетуі туралы жедел хабарлама алуға жағдай жасайды.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., and Farhadi, A. “You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection”. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016. 788 p.

2. Rakhymova, A., Mussina, A., Aubakirov, S., Trigo, P.. Creation of a High-Precision, Single-Board Computer-Based Intelligent Passenger Counting System. Procedia Computer Science, 2024. P. 243, 234–241. https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.08.029

3. Sapkota, R., Karkee, M. Ultralytics YOLO Evolution: An Overview of YOLO26, YOLO11, YOLOv8 and YOLOv5 Object Detectors for Computer Vision and Pattern Recognition. 2025. 13 p.

ГЕЙМИФИКАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ВОВЛЕЧЕННОСТЬЮ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

ТОКЖИГИТОВА А. Н.
PhD, ассоц. профессор, факультет Computer Science, Торайгыров университет, г. Павлодар
ЖИРЕНОВА А. К.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Мария Монтессори когда-то заметила: «В игре дети – это мастера, а в реальном мире – ученики». На первый взгляд – красивая метафора. Но на деле это точное описание того, как устроено детское развитие. Игра становится для ребёнка особым пространством, где он перестаёт быть ведомым и впервые пробует себя в роли ведущего.

Игра для ребенка – не пустая забава и не способ убить время. Это фундаментальная форма деятельности, настоящая мастерская, где он учится управлять своим миром. В реальности каждый шаг взрослых выглядит слишком далеким и недосягаемым, а правила кажутся жёсткими. В игре же ребёнок получает свободу. Здесь он может стать инженером, исследователем или врачом – и никто не осудит его ошибок.

Игра меняет всё. Она превращается в лабораторию экспериментов и мастерства. Ребёнок сам придумывает сюжет, строит правила и берёт ответственность на себя. Башня из кубиков, которая рушится, учит больше, чем любая лекция: она показывает основы устойчивости. Кукла, которую ребёнок «лечит», становится инструментом познания эмоций и социальных ролей. В этом

безопасном мире ошибки перестают быть поражениями и становятся ступеньками к развитию. [1, с.12]

Здесь рождается компетентность. Здесь появляется уверенность, которая позже поможет справляться с реальными вызовами.

Именно поэтому слова Монтессори звучат так мощно сегодня: игра – не репетиция будущей жизни, а сама жизнь в её чистом виде. В ней ребёнок освобождается от роли вечного «ученика» и впервые становится настоящим мастером. И именно через игру формируются качества, которые определяют будущее: креативность, настойчивость, умение мыслить самостоятельно.

В отличие от пассивного усвоения информации, игра стимулирует внутреннюю мотивацию, что делает обучение более глубоким и устойчивым. Таким образом, идеи Монтессори не просто сохраняют актуальность – они становятся основой для новых образовательных практик, включая геймификацию и использование интерактивных технологий.

Современное образование переживает трансформацию под влиянием цифровых технологий и меняющихся потребностей обучающихся. Одним из наиболее перспективных направлений этой трансформации является геймификация – внедрение игровых элементов в неигровые образовательные контексты. В последние годы мы наблюдаем устойчивый рост интереса к новому подходу в образовании – геймификации. Это не просто модное слово, а мощный инструмент, который превращает учебный процесс из рутины в увлекательную игру. Если раньше обучение ассоциировалось с долгими лекциями и зубрёжкой, то сегодня это акцент на применение ИКТ технологии, которые позволяют осваивать информацию в более комфортной обучающей среде и оперативное получать обратную связь. Таким образом «геймификация» процесса обучения является актуальной.

В условиях современной цифровизации образования критически важным становится переход от пассивного потребления контента к активному взаимодействию, что реализуется через интуитивно понятный интерфейс платформы, включающий разделы «Главная», «О портале» и систему авторизации. Как показано на рисунке 1 авторизация и регистрация является неотъемлемой частью для работы на платформе.

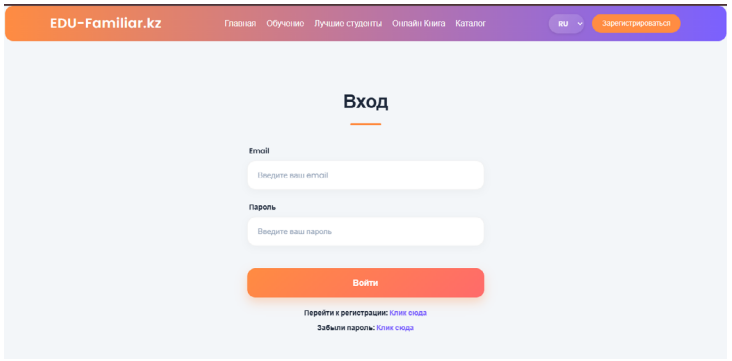


Рисунок 1 – Вкладка «Регистрация\авторизация»

Практическое применение данной платформы начинается с этапа персонализации в личном кабинете, где пользователь получает возможность не только управлять собственными данными, но и визуализировать траекторию своего обучения.

Процесс аутентификации как показано на рисунке 2 и последующая работа с профилем закладывают основу для формирования субъектной позиции студента, превращая его из стороннего наблюдателя в активного участника образовательной экосистемы.

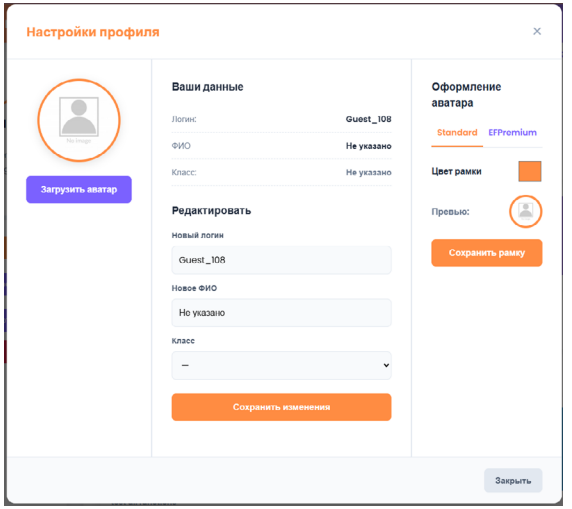


Рисунок 2 – Вкладка «Личный профиль»

Особое значение для развития внутренней мотивации имеет блок редактирования и добавления информации, который позволяет обучающимся проявлять творческую инициативу и оперативно обновлять результаты своей деятельности.

Использование инструментов поиска и фильтрации данных на портале стимулирует исследовательский интерес, позволяя студентам анализировать работы коллег и участвовать в горизонтальном обмене знаниями.

Геймификация в данном контексте проявляется не только в игровых элементах, но и в самой архитектуре портала, которая обеспечивает быструю обратную связь и наглядность достижений, что напрямую коррелирует с ростом познавательной активности. Как показано на рисунке 3 обучающиеся сразу видят свои достижения.

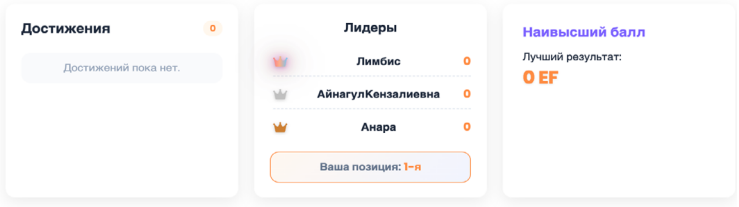


Рисунок 3 – Достижения учащихся

В основе обучения лежит потребность в поощрении и значимом результате, а геймифицированная среда строится именно на этих принципах [7, с.187]. С точки зрения когнитивной психологии, игровые механики усиливают нейронные связи, способствуя более прочному усвоению информации. Исследование, проведённое Стэнфордским университетом в 2021 году, показало, что учащиеся, обучающиеся в условиях геймификации, в 1,7 раза чаще сохраняют изученный материал спустя неделю по сравнению с контрольной группой. Это связано с вовлечённостью – важнейшим фактор, предсказывающий результатом успешного обучения [8, с 32].

В исследованиях проведенных Елубаева Ж., Гани А. позволяет сделать вывод о том, что геймификация является одним из наиболее эффективных инструментов в образовательной среде. Игровые методы создают благоприятные условия для развития навыков общения, сотрудничества, эмоциональной саморегуляции, креативного и критического мышления. При этом важно не ограничиваться поверхностной интеграцией игровых элементов, а

строить образовательный процесс таким образом, чтобы учащиеся могли осмысленно применять полученные навыки в реальных ситуациях. [9, с.154]

Архитектура платформы предусматривает деление учебного контента на уровни сложности. Переход на следующий этап возможен только при успешном освоении текущих компетенций. Это реализует дидактический принцип «от простого к сложному» в цифровой среде, предотвращая механическое «прокликивание» заданий.

Платформа использует игровые элементы (баллы, прогресс – бары, достижения) не как самоцель, а как инструменты визуализации академического роста. Такой подход усиливает внутреннюю мотивацию (желание завершить уровень), не подменяя её внешней (желанием просто победить соперника).

Контент, размещенный на bilim.zhirenova.kz, ориентирован на активизацию различных мыслительных операций: от запоминания и понимания до анализа и синтеза. Это позволяет использовать платформу не только для репродуктивного контроля, но и для развития критического мышления.

Платформа предоставляет преподавателю инструменты мониторинга, позволяя отслеживать, на каком уровне сложности возникают затруднения у конкретного студента. Это дает возможность своевременно корректировать образовательный процесс, превращая геймификацию из развлечения в инструмент управления качеством обучения.

Внедрение платформы bilim.zhirenova.kz в учебный процесс позволяет нивелировать риски, описанные в теоретической части исследования (утомляемость от однотипных механик, стресс от чрезмерной конкуренции). Благодаря индивидуальному темпу прохождения уровней, платформа создает психологически комфортную среду как для высокомотивированных студентов, так и для тех, кому требуется больше времени на освоение материала.

Таким образом, разработанный ресурс является примером сбалансированного подхода к цифровизации: он сохраняет высокую вовлеченность, характерную для игр, но при этом обеспечивает глубину и системность знаний, свойственную традиционному академическому образованию. Платформа служит доказательством того, что геймификация может и должна быть инструментом глубокого, а не поверхностного обучения.

ЛИТЕРАТУРА

Viamonte A. J. Gamification with Moodle in higher education. Le Centre Pour La Communication Scientifique Directe. HAL: ParisTech, 2019.

Богомолов А.И., Невежин В.П. Геймификация образовательного процесса в высшем учебном заведении // Новые информационные технологии в образовании: сб. науч. тр. 19-й междунар. науч.-практ. конф. М., 2019. С. 129-131.

Г.М. Мурзагалина, Г.В. Тихомирова и др.: «Геймификация в образовании как фактор повышения интереса к усвоению учебного материала» Московский экономический журнал №4, 2022.

Елубаева, Ж., & Гани, А. (2025, June). Геймификация в развитии soft skills и эмоционального интеллекта у школьников поколения альфа. In International Conference Education in a Changing World: Multidisciplinary Perspectives for Global Progress (pp. 150-154).

Караваев Н. Л., Соболева Е. В.. Совершенствование методологии геймификации учебного процесса в цифровой образовательной среде / Киров: Вятский государственный университет, 2019.

Каравка А. А., Колыванов К. Ю., Лобанова А. В. Игрофикация и геймификация в образовании: опыт, риски, перспективы // Школьные технологии. 2023. № 5. С. 8-17. DOI: 10.52422/22202641_2023_5_8.

Кирсанова В.В., Донец Н.Ю. Применение методов геймификации в решении прикладных задач // Вестник студенческого научного общества. 2014. No 2. С. 212.

Левченко В. В. Цифровая педагогика: Геймификация, мотивация и новые образовательные технологии. –М.: Альпина Паблишер, 2021. – 208 с.

Матвеева Е.Д. Геймификация: новая концепция в образовании // Гуманитарные науки в условиях социокультурной трансформации: theoria cum praxis: мат-лы II Всерос. науч.-практ. интернет-конф. с элементами школы для молодых исследователей. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2015. С. 42-47.

Мельничук А.В., Котова Т.В. Геймификация как позитивный инструмент сохранения здоровья студентов в ходе обучения // Материалы Ивановских чтений. Санкт-Петербург, 2016. No 4-1 (8). С. 68–70.

ВЛИЯНИЕ И РАЗВИТИЕ КАРТ И 3D-ГИДОВ В УНИВЕРСИТЕТСКОЙ СРЕДЕ

ТОКЖИГИТОВА А. Н.
PhD, ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
ВЕРЕЩАГИН Р. А.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Современные университеты постепенно трансформируются в сложные цифровые экосистемы, в которых управление пространственными данными играет ключевую роль. Одним из наиболее перспективных направлений цифровизации университетской инфраструктуры является использование трехмерных карт и интерактивных 3D-гидов. Эти технологии позволяют создавать детализированные модели университетских кампусов, обеспечивая эффективную навигацию, поддержку образовательных процессов и управление инфраструктурой [1, с. 2845]. В статье проводится комплексный анализ развития картографических технологий в университетской среде, включая переход от традиционных двухмерных карт к трехмерным геоинформационным системам. Рассматриваются технологии создания 3D-карт, архитектура цифрового кампуса, интеграция систем Smart Campus и применение искусственного интеллекта. На основе анализа современных исследований из баз данных Scopus и Web of Science выделяются ключевые направления развития геоинформационных систем в университетах и перспективы формирования цифровых двойников кампусов [2, с. 7].

Цифровая трансформация высшего образования является одной из ключевых тенденций современного общества. Университеты постепенно переходят от традиционных образовательных моделей к интеллектуальным цифровым экосистемам, объединяющим образовательные платформы, инфраструктурные системы и информационные технологии. В этом контексте особую роль начинают играть геоинформационные технологии, позволяющие анализировать и управлять пространственными данными университетских кампусов [3, с. 52].

Университетские кампусы представляют собой сложные пространственные структуры, включающие десятки учебных корпусов, лабораторий, библиотек, общежитий, спортивных объектов и административных зданий. Навигация в таких пространствах часто становится сложной задачей для студентов,

преподавателей и посетителей. Традиционные двухмерные карты не всегда способны эффективно отображать сложную архитектуру кампусов, особенно в условиях многоуровневых зданий и развитой инфраструктуры.

Развитие трехмерных картографических технологий позволило создать интерактивные 3D-карты и 3D-гиды, которые обеспечивают более реалистичное представление пространственной среды. Использование таких систем позволяет значительно улучшить навигацию, управление инфраструктурой и образовательный процесс. Современные исследования показывают, что внедрение трехмерных геоинформационных систем в университетах способствует формированию концепции Smart Campus, в которой цифровые технологии используются для оптимизации управления инфраструктурой, повышения энергоэффективности и улучшения образовательных процессов [4, с. 193; 5, с. 24].

История развития картографических систем показывает постепенный переход от статических карт к интерактивным цифровым моделям пространства. Этот процесс стал возможен благодаря развитию компьютерных технологий, геоинформационных систем и дистанционного зондирования Земли.

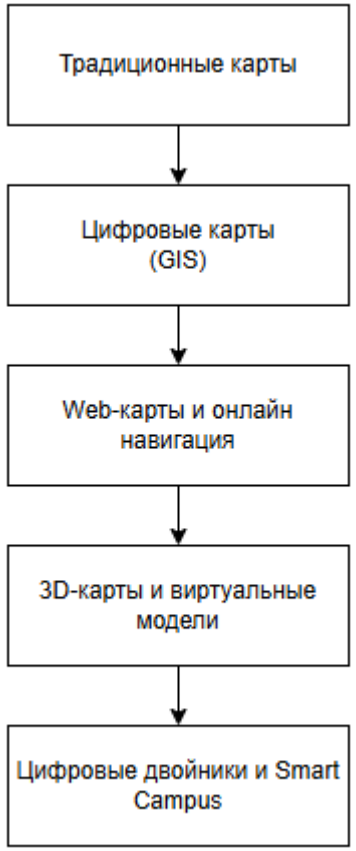


Рисунок 1 – Эволюция картографических технологий

На рисунке 1, первом этапе картографические системы представляли собой бумажные карты, которые использовались для навигации и отображения пространственных данных. Однако такие карты имели ряд ограничений, включая статичность и невозможность интеграции дополнительных данных. С развитием геоинформационных систем (GIS) появилась возможность хранения и анализа пространственных данных в цифровой форме [3, с. 53]. Это позволило создавать интерактивные карты и выполнять пространственный анализ.

Следующим этапом стало развитие веб-карт, которые обеспечили доступ к географической информации через интернет. Такие системы широко используются в современных навигационных сервисах.

Наиболее современным этапом развития являются трехмерные карты и цифровые двойники, которые позволяют создавать реалистичные модели городской среды и университетских кампусов [4, с. 195].

Создание трехмерных моделей университетских кампусов требует интеграции различных технологий сбора и обработки пространственных данных.

Основные технологии создания 3D-моделей:

1. LiDAR-сканирование. LiDAR (Light Detection and Ranging) представляет собой технологию лазерного сканирования, позволяющую создавать высокоточные трехмерные модели объектов. Эта технология широко используется для создания цифровых моделей городов и университетских кампусов [1, с. 2850].

2. Фотограмметрия. Фотограмметрия основана на обработке аэрофотоснимков и позволяет создавать трехмерные модели объектов на основе фотографий. Современные алгоритмы компьютерного зрения позволяют автоматически реконструировать здания и другие объекты.

3. Спутниковые данные. Спутниковые изображения используются для создания базовых географических моделей территории университетских кампусов.

4. BIM-модели зданий. BIM (Building Information Modeling) используется для создания цифровых моделей зданий и может интегрироваться с геоинформационными системами [2, с. 12].

5. Архитектура 3D-кампуса

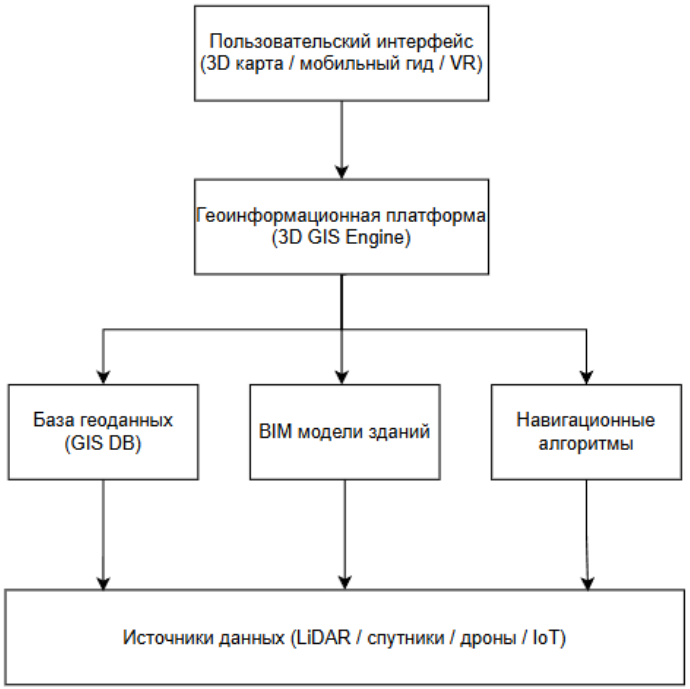


Рисунок 2 – Архитектура 3D-кампуса

Архитектура 3D-кампуса (Рисунок 2) включает несколько взаимосвязанных уровней. На уровне сбора данных осуществляется получение пространственной информации с использованием технологий дистанционного зондирования, фотограмметрии, беспилотных летательных аппаратов и LiDAR-сканирования. Далее данные сохраняются на уровне хранения в геоинформационных базах данных (GIS) и BIM-моделях зданий [2, с. 21]. На уровне обработки выполняется анализ данных и построение трехмерных моделей объектов кампуса. На уровне визуализации пользователи взаимодействуют с системой через интерфейсы 3D-карт, мобильные приложения и технологии виртуальной или дополненной реальности. Одним из основных применений таких технологий являются 3D-гиды для навигации студентов и посетителей, позволяющие находить аудитории, строить маршруты, просматривать здания в трехмерном виде и получать дополнительную информацию о

корпусах. Кроме того, 3D-карты используются для управления университетской инфраструктурой, позволяя анализировать использование зданий, транспортные потоки и развитие кампуса, а также применяются в образовательном процессе для изучения пространственной структуры университетской среды.

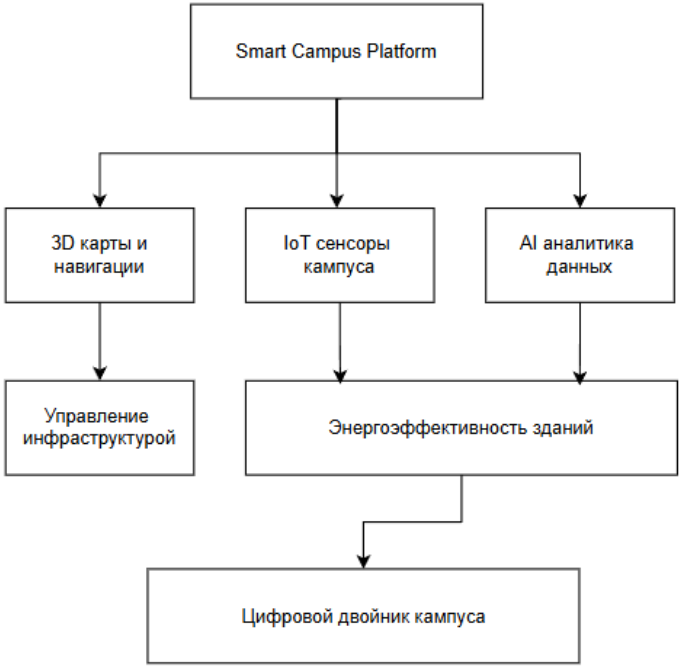


Рисунок 3 – Модель Smart Campus

Концепция Smart Campus объединяет различные цифровые технологии и системы, включая геоинформационные системы, IoT-датчики, инструменты аналитики данных и цифровые платформы управления университетской инфраструктурой [5, с. 115]. В данном рисунке 3 архитектура трехмерных карт выступают одним из ключевых элементов, обеспечивающих визуализацию и анализ пространственной информации. Современные исследования показывают, что использование технологий искусственного интеллекта может значительно повысить эффективность таких

систем. Методы AI применяются для автоматизированного построения трехмерных моделей объектов, анализа перемещения студентов на территории кампуса, оптимизации навигационных маршрутов и прогнозирования загрузки учебных аудиторий.

Анализ научных публикаций также позволяет выделить несколько перспективных направлений развития картографических технологий в университетской среде. К ним относятся создание цифровых двойников университетских кампусов [4, с. 198], внедрение технологий дополненной реальности в системы навигации, использование методов анализа больших данных для изучения пространственных процессов [5, с. 142], автоматическое обновление карт на основе данных сенсорных систем, а также развитие интеллектуальных систем управления университетской инфраструктурой. В целом развитие трехмерных карт и 3D-гидов оказывает значительное влияние на функционирование современных университетов, поскольку данные технологии позволяют формировать детализированные модели кампусов, улучшать навигацию и повышать эффективность управления инфраструктурой. Интеграция 3D-карт с технологиями искусственного интеллекта и IoT открывает новые возможности для создания интеллектуальных университетских экосистем, в которых геоинформационные системы могут стать основой для разработки цифровых двойников кампусов и современных систем управления

ЛИТЕРАТУРА

1 Biljecki, Filip & Stoter, Jantien & Ledoux, Hugo & Zlatanova, Sisi. (2015). Applications of 3D City Models: State of the Art Review. International Journal of Geo-Information (IJGI). 4. 2842-2889. 10.3390/ijgi4042842.

2 Zahedi, F., Alavi, H., Majrouhi Sardroud, J., & Dang, H. (2024). Digital twins in the sustainable construction industry. Buildings, 14(11), 3613.

3 Li, Yuzhao & Huang, Yao. (2024). Research on the Integration of BIM and GIS in Smart Campus Environments. Applied Science and Innovative Research. 8. p52. 10.22158/asir.v8n3p52.

4 Batty, Michael. (2024). Digital twins in city planning. Nature Computational Science. 4. 192-199. 10.1038/s43588-024-00606-7.

5 Kitchin, Rob. (2017). Data-driven urbanism. 10.4324/9781315407388-4

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДОНОСНЫХ .NET-ФАЙЛОВ НА ОСНОВЕ СТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И АЛГОРИТМА ISOLATION FOREST

ТУРСУНБЕКОВ С. Е.
магистрант, Казахский Университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, г. Астана

В настоящее время наблюдается рост количества вредоносного программного обеспечения, разработанного на платформе .NET. Это связано с широким распространением данной технологии, а также возможностями обфускации и модификации кода, затрудняющими анализ [1]. Традиционные методы сигнатурного обнаружения становятся менее эффективными, что требует применения новых подходов к анализу исполняемых файлов [2]. Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки методов, позволяющих автоматически выявлять вредоносные .NET-файлы на основе их структуры и поведения. Целью данной работы является разработка архитектуры системы обнаружения вредоносных .NET-файлов на основе статического анализа и алгоритмов машинного обучения.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

– анализ существующих подходов к обнаружению вредоносного ПО;

– выделение информативных признаков PE-файлов;

– применение алгоритма обнаружения аномалий;

– разработка архитектуры системы анализа.

Существующие системы обнаружения вредоносного программного обеспечения можно условно разделить на три категории:

1 Статический анализ – основан на исследовании структуры исполняемого файла без его запуска [3]. Включает анализ заголовков, импортируемых библиотек и секций PE-файла. Основным преимуществом является высокая скорость работы, однако метод уязвим к обфускации [4].

2 Динамический анализ – предполагает запуск программы в изолированной среде (sandbox) с последующим наблюдением за её поведением. Позволяет выявлять скрытые действия, но требует значительных вычислительных ресурсов [5].

3 Гибридные методы – объединяют статический и динамический подходы, обеспечивая более высокую точность обнаружения.

Таблица 1 показывает аналитическое сравнение подходов, позволяющее определить преимущества и недостатки выбранных подходов.

Таблица 1 – Аналитическое сравнение подходов

Метод анализа	Преимущества	Недостатки
Статический	Быстрый, не требует запуска	Уязвим к обфускации
Динамический	Высокая точность	Ресурсоемкий
Гибридный	Баланс точности и скорости	Сложность реализации

В рамках проводимого исследования разработан прототип системы анализа .NET-файлов с использованием языка Python. На первом этапе осуществляется загрузка исполняемого файла и его анализ с помощью библиотеки pefile. Извлекаются следующие характеристики:

– размер файла;

– количество импотируемых библиотек;

– количество секций;

– признаки принадлежности к .NET – сборке.

Далее формируется вектор признаков, который подается на вход алгоритму машинного обучения – Isolation Forest [6]. Данный алгоритм позволяет выявлять аномалии в данных без необходимости предварительной разметки [7].

Рисунок 1 иллюстрирует применение алгоритма Isolation Forest для выявления аномалий в .NET-файлах на основе извлечённых признаков PE-структуры. Алгоритм изолирует нетипичные объекты быстрее нормальных, что позволяет определить потенциально вредоносные файлы без предварительной разметки данных.

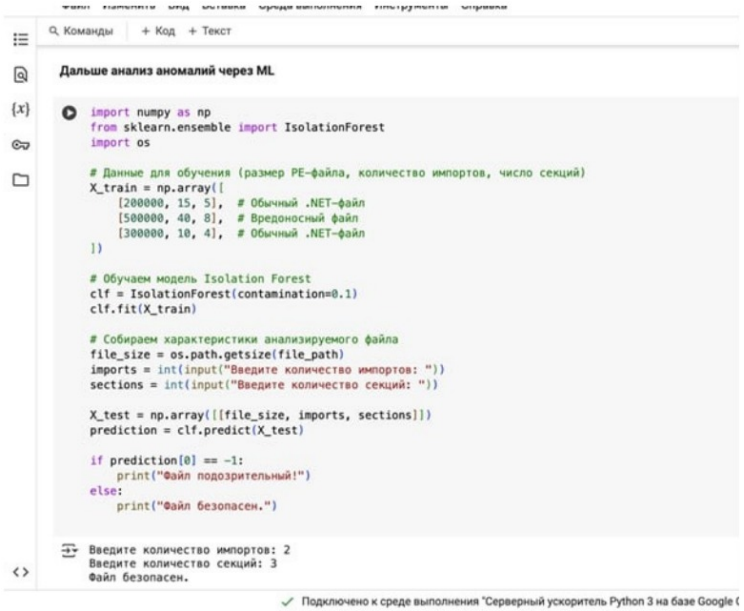


Рисунок 1 – Пример применения алгоритма Isolation Forest для анализа .NET-файла

Результатом работы системы является классификация файла как безопасного или потенциально вредоносного.

Рисунок 2 показывает процесс анализа структуры PE-файла .NET-приложения с выделением ключевых компонентов, таких как заголовки, секции и метаданные. На основе этих элементов извлекаются признаки, используемые для последующего анализа и выявления потенциально вредоносных файлов.



Рисунок 2 – Анализ структуры PE-файла .NET-приложения

Разработанная архитектура системы включает следующие этапы:

1 Загрузка .NET-файла;

2 Анализ структуры PE-файла;

3 Извлечение признаков;

4 Применение алгоритма Isolation Forest;

5 Формирование результата анализа.

Предложенная архитектура обеспечивает автоматизацию процесса анализа и позволяет эффективно выявлять аномальные файлы.

Рисунок 3 демонстрирует архитектуру системы обнаружения вредоносных .NET-файлов, включающую этапы загрузки файла, анализа структуры, извлечения признаков и применения алгоритма Isolation Forest. Система обеспечивает автоматическую обработку данных и классификацию файлов на безопасные и потенциально вредоносные.

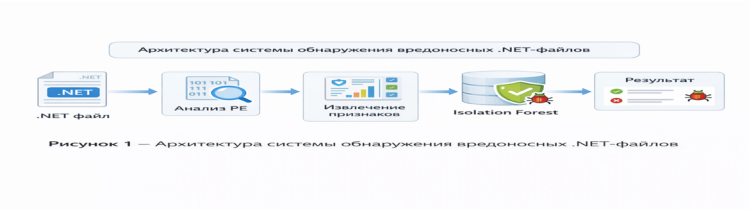


Рисунок 3 – Архитектура системы обнаружения вредоносных .NET-файлов

Несмотря на эффективность предложенного подхода, существуют следующие ограничения:

– возможность обхода статического анализа с помощью обфускации;

– ограниченность набора признаков;

– зависимость качества обнаружения от обучающих данных;

– отсутствие анализа поведения программы в реальном времени.

В дальнейшем возможно развитие системы в следующих направлениях:

– интеграция методов динамического анализа;

– использование более сложных моделей машинного обучения (нейронные сети);

– расширение набора признаков анализа;

– создание системы мониторинга в реальном времени.

В работе предложена архитектура системы обнаружения вредоносных .NET-файлов на основе статического анализа и алгоритма Isolation Forest.

Показано, что использование структурных характеристик PE-файлов в сочетании с методами машинного обучения позволяет эффективно выявлять аномалии и потенциально вредоносные файлы. Разработанный подход может быть использован в системах информационной безопасности для повышения уровня защиты программных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1 Schwarz J., Davidson J. Practical aspects of .NET decompilation // Proceedings of the ACM SIGPLAN Workshop on .NET Technologies. – 2002 [на англ. яз.]. – URL: https://dl.acm.org/doi/10.1145/583854.582419.

2 Egele M., Scholte T., Kirda E., Kruegel C. A survey on automated dynamic malware analysis techniques // ACM Computing Surveys. – 2012 [на англ. яз.]. – URL: https://doi.org/10.1145/2089125.2089126.

3 You I., Yim K. Malware obfuscation techniques: A brief survey // Proceedings of the International Conference on Broadband, Wireless Computing, Communication and Applications. – 2010 [на англ. яз.]. – URL: https://doi.org/10.1109/BWCCA.2010.85.

4 Nagpal S., Jain A. Analysis and detection of obfuscated .NET malware // Journal of Computer Virology and Hacking Techniques. – 2019 [на англ. яз.]. – URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s11416-018-0320-1.

5 Willems C., Holz T., Freiling F. Toward automated dynamic malware analysis using CWSandbox // IEEE Security & Privacy. – 2007 [на англ. яз.]. – URL: https://doi.org/10.1109/MSP.2007.45.

6 Saxe J., Berlin K. Deep neural network based malware detection using two-dimensional binary program features // Proceedings of the International Conference on Malicious and Unwanted Software (MALWARE). – 2015 [на англ. яз.]. – URL: https://arxiv.org/abs/1508.03096.

7 Raff E., Barker J., Sylvester J. Malware detection by eating a whole EXE // AAAI Workshop. – 2018 [на англ. яз.]. – URL: https://arxiv.org/abs/1710.09435.

Секция 5
Жасанды интеллект және қолданбалы аспектілері
Искусственный интеллект и прикладные аспекты

EVOLUTION OF DIGITAL EDUCATION: INTEGRATING GAME MECHANICS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CHILDREN'S LEARNING

АЛХАНОВА Г. А.
PhD, УО «Alikhan Bokeikhan University», г. Семей
КАНАФИН А. Б.
магистрант, УО «Alikhan Bokeikhan University», г. Семей

Modern adolescents spend a large part of their free time engaging with games, social platforms, and digital communities. According to Pew Research Center, about 85 % of teenagers regularly play video games, and 40% identify themselves as "gamers" or even e-sports players [1]. Such engagement with gaming ecosystems forms new models of attention and motivation, which can be effectively applied in education.

Reinterpreting learning as a process that includes progress, achievements, and feedback has become an important trend in educational design. Gamification, understood as the use of game mechanics in non-game contexts, allows educational platforms to combine familiar digital interaction patterns with explicit learning goals.

Understanding motivation is central to any pedagogical intervention. In digital pedagogy, it is important to explain how external stimuli (for example, game mechanics) can drive sustainable learning behavior rather than short-term engagement. A theoretical framework is needed to show how these stimuli transform into intrinsic motivation and learning activity.

Self-Determination Theory (SDT) by Deci and Ryan serves as the main theoretical foundation of this paper. SDT states that the quality of motivation (intrinsic vs. extrinsic; autonomous vs. controlled) depends on the degree to which three basic psychological needs are satisfied: autonomy, competence, and relatedness [2; 3].

1 **Autonomy** is the feeling of choice and personal control. People engage more deeply and maintain interest when their actions align with their own goals and values.

2 **Competence** is the sense of mastery and growth, supported by clear feedback and visible progress.

3 **Relatedness** is the sense of belonging, recognition, and emotional connection with others.

According to SDT, if the educational environment supports these needs, external rewards, including game elements, can transform into autonomous, internally integrated motivation. However, when design violates these needs through excessive control or pressure, external stimuli may lower intrinsic motivation and lead to burnout.

Game mechanics themselves are neutral: their educational value depends on whether they support autonomy (choice of tasks), competence (clear progress and achievable goals), and relatedness (social interaction and teamwork). Thus, the same mechanic, such as a leaderboard, can either motivate or demotivate depending on context [2; 3].

Empirical studies of gamification show that its influence on motivation and learning outcomes is statistically confirmed but context-dependent. Hamari, Koivisto, and Sarsa [4] reviewed over thirty empirical studies evaluating the effects of points, badges, leaderboards, and other game elements. They concluded that although most studies show positive effects on engagement, the strength and duration of these effects vary significantly depending on design and audience. Gamification that is integrated with learning goals and provides a sense of progress and meaning tends to show stable positive results. In contrast, superficial gamification that adds decorative elements without pedagogical integration leads only to short-term interest that fades once the novelty wears off.

Sailer and Homner [5], analyzing 43 independent samples and over 6000 participants, found that gamification has a moderately positive effect on learning motivation, cognitive outcomes, and behavioral indicators such as login frequency and task completion. They note that gamification tends to enhance persistence and engagement rather than grades. Moreover, different game elements influence motivation types differently: progress bars and levels enhance competence, while social elements such as team competitions or leaderboards promote relatedness and social identity.

At the same time, several studies show limitations. Domínguez et al. [8] found that while points, badges, and leaderboards increased student activity in online environments, they did not improve final grades. Thus, gamification mainly affects process-oriented rather than result-oriented aspects of learning. This highlights the importance of aligning game mechanics with educational goals: if game elements are not connected to learning content, they may only stimulate superficial engagement.

Rodrigues et al. [9] showed that gamification's positive effects decline over time due to the "novelty effect". However, they also identified a "familiarization effect": as users integrate game mechanics into their routines, they develop more autonomous motivation. This is crucial for long-term program design, where game elements must evolve gradually to sustain interest.

Recent research emphasizes game mechanics that trigger motivation through care, progress, and social interaction, directly related to SDT needs–competence, autonomy, and relatedness.

A vivid example is the "virtual pet" mechanic. Chen et al. [6] found that caring for a digital creature fosters responsibility and long-term engagement, increasing time spent in learning systems. The pet reacts to user success and growth, creating emotional attachment and positive reinforcement.

Leaderboards are another key tool. Li et al. [7], reviewing over fifty studies, found that leaderboards enhance engagement in 65% of cases, but effects depend on design. Individual rankings can motivate achievement-oriented learners but stress others. Group-based leaderboards yield more stable results. In education, hybrid forms combining competition and cooperation are most effective.

Classic game elements–levels, points, badges, and progress bars–also play an important role. They meet the need for competence by visualizing growth. However, as Domínguez [8] and Kyewski [10] found, their effectiveness depends on whether rewards are perceived as

genuine indicators of skill. When they reflect true progress, they support intrinsic motivation; when not, they can weaken it.

Alongside gamification, the fastest-growing layer of digital education is artificial intelligence. While game mechanics shape motivation and engagement, AI systems can personalize learning paths, adapt difficulty, generate feedback, and reduce routine teacher workload. UNESCO notes that AI can tailor educational content to individual needs, free up time for teachers by automating administrative tasks, and help build skills needed in the future labor market.

World experience shows that the most practical AI tools in children's education are not generic chatbots, but purpose-built systems: AI tutors, teacher assistants, writing and feedback tools, speech and language support, and adaptive practice platforms. UNESCO reports that in high-income countries more than two-thirds of secondary school pupils already use generative AI tools to produce schoolwork, while only 10% of schools and universities currently have an official framework for the use of AI. OECD TALIS 2024 also found that around a third of teachers use AI in their teaching, and seven out of ten worries that it facilitates plagiarism and cheating. These figures show that adoption is already widespread, but governance is still lagging behind practice.

In the United States, Khan Academy's Khanmigo is a practical example of child-oriented AI. It is designed as an AI-powered personal tutor and teaching assistant that does not simply provide answers; instead, it guides learners to find solutions themselves. For teachers, it supports lesson planning, rubrics, student grouping, exit tickets, and summaries of student work. Such design reflects a broader global trend: the most effective AI tools in education are those that support pedagogy rather than replace it.

In Russia, AI education has also moved beyond isolated experiments. The Ministry of Education's AI Olympiad for 8th-11th grade students institutionalizes AI literacy and programming skills as a school-level competition, while Yandex Education promotes AI-related educational initiatives and student development pathways. In this model, children's AI experience is built not only through classroom tools, but also through extracurricular contests, digital literacy projects, and university-linked talent pipelines.

Kazakhstan is rapidly turning AI into a national education priority. In the State of the Nation Address, President Kassym-Jomart Tokayev stated that AI competencies must begin at school, and that teaching materials on the fundamentals of artificial intelligence should be prepared for school

students while teachers are trained to work with AI technologies. In his 2026 message, he also reported that more than 650,000 students had completed AI-Sana training and that a specialized, research-focused AI university would be opened in the near future.

OECD TALIS 2024 country notes show that Kazakhstan is already among the more active users of AI in teaching: 59% of teachers report having used AI in their work, above the OECD average of 36%. Teachers most often use AI to summarize topics (87%), generate lesson plans or activities (79%), and help students practice new skills in real-life scenarios (76%). These data indicate that Kazakhstan is not merely discussing AI in education; it is already moving toward practical classroom use.

At the same time, child-centered governance remains essential. UNICEF's updated guidance on AI and children stresses that AI systems for children should ensure safety, protect data and privacy, guarantee non-discrimination and fairness, provide transparency and accountability, and support children's best interests and development. This is especially important in school settings, where technological efficiency must not override pedagogical responsibility.

Successful use of game mechanics and AI requires not only technical integration but also alignment with pedagogical goals, age characteristics, and ethical safeguards. For teenagers, whose motivation is based on social recognition, mechanics that visualize progress and allow sharing achievements work best. For younger learners, emotional engagement, adaptive pacing, and guided support are more effective. In practice, game mechanics can create a motivational frame, while AI can personalize the learning pathway inside that frame.

In conclusion, game elements can serve as a bridge between external rewards and internal interest, and AI can make that bridge more responsive, adaptive, and inclusive. When properly integrated, both technologies turn learning into a process experienced as voluntary, meaningful, and emotionally engaging. The pedagogical potential of gamification and AI lies not in replacing motivation or teaching, but in creating conditions for sustainable, self-driven learning.

ЛИТЕРАТУРА

1 Gottfried J., Sidoti O. Teens and Video Games Today // Pew Research Center. – 2024. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.pewresearch.org/internet/2024/05/09/teens-and-video-games-today/.

2 Ryan R. M., Deci E. L. Self-Determination Theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being

// American Psychological Association. – 2000. – Vol. 55. – № 1. – P. 68–78.

3 Ryan R. M., Deci E. L. Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness. – New York: Guilford Press, 2017. – 512 p.

4 Hamari J., Koivisto J., Sarsa H. Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification // Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences 2014. – IEEE, 2014. – P. 3025–3034. [Электронный ресурс]. – URL: https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377.

5 Sailer M., Homner L. The gamification of learning: a meta-analysis // Educational Psychology Review. – 2020. – Vol. 32. – № 1. – P. 77–112. [Электронный ресурс]. – URL: https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w.

6 Chen Z. H., Liao C., Chien T. C., Chan T. W. Animal companions: Fostering children's effort-making by nurturing virtual pets // British Journal of Educational Technology. – 2011. – Vol. 42. – № 1. – P. 166–180. [Электронный ресурс]. – URL: https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01003.x.

7 Li C., Liang L., Fryer L. K., Shum A. The use of leaderboards in education: A systematic review of empirical evidence in higher education // Journal of Computer Assisted Learning. – 2024. – Vol. 40. – № 6. – P. 3406–3442. [Электронный ресурс]. – URL: https://doi.org/10.1111/jcal.13077.

8 Domínguez A., Saenz-de-Navarrete J., DeMarcos L., Fernández-Sanz L., Pagés C., Martínez-Herráiz J.-J. Do points, badges and leaderboards increase learning and activity? A quasi-experiment on the effects of gamification // Computers & Education. – 2013. – Vol. 63. – P. 126–136. [Электронный ресурс]. – URL: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.020 .

9 Rodrigues L. A. L., Pereira F. D., Toda A. M., Palomino P. T., Pessoa M., Carvalho L. S. G., Fernandes D., Oliveira E. H. T., Cristea A. I., Isotani S. Gamification suffers from the novelty effect but benefits from the familiarization effect: findings from a longitudinal study // International Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2022. – Vol. 19. – Art. 13. – P. 1–25. [Электронный ресурс]. – URL: https://doi.org/10.1186/s41239-021-00314-6 .

10 Kyewski E., Krämer N. C. To gamify or not to gamify? An experimental field study of the influence of badges on motivation, activity, and performance in an online learning course // Computers & Education. – 2018. – Vol. 118. – P. 25–37. [Электронный ресурс]. – URL: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.006 .

РОЛЬ UX/UI-ДИЗАЙНА В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ (SDLC)

АМАНТАЙ А. А.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
АКАНОВА А. А.
профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В современном мире, где ПО проникает во все сферы жизни, от мобильных приложений до корпоративных систем, конкурентоспособность продукта определяется не только функциональностью и производительностью, но и степенью удобства для конечного пользователя. UX/UI-дизайн, как дисциплина, фокусирующаяся на создании интуитивных и приятных интерфейсов, эволюционировал от вспомогательного элемента к стратегическому компоненту разработки. Ещё в 1990-х годах, с появлением графических интерфейсов, стало ясно, что игнорирование пользовательского опыта приводит к провалам даже технически совершенных систем [1]. Сегодня, в эпоху agile и DevOps, UX/UI интегрируется в жизненный цикл разработки ПО (SDLC), обеспечивая гармоничное взаимодействие между архитектурой системы, данными и поведением пользователя [2].

SDLC, будь то каскадная модель, спиральная или итеративная, включает стандартные фазы: анализ требований, проектирование, реализацию, тестирование, развертывание и сопровождение. UX/UI-дизайн не изолирован – он начинается на этапе требований, где проводятся пользовательские исследования (интервью, опросы, анализ сценариев), определяющие структуру данных и элементов управления [1]. Например, сценарии воздействия пользователя на интерфейс (навигация, ввод данных, обратная связь) напрямую влияют на выбор паттернов UI и интеграцию в общую архитектуру ПО. В фазе проектирования UX-специалисты создают wireframes и прототипы, тестируя их на юзабилити, что минимизирует риски переделок на этапе кодирования [2].

Ключевые этапы UX/UI-процесса – исследования аудитории, формирование идеи, прототипирование, usability-тестирование и передача дизайна разработчикам – идеально ложатся на SDLC: от верхнеуровневого проектирования (продуктовые исследования

с UI-прототипами) до верификации, где оцениваются принципы удобства (минимализм, последовательность, доступность) [3]. Это подтверждается влиянием UX на успех веб-продуктов: качественный дизайн повышает удержание на 200–400%, снижая отток пользователей. Наконец, на этапе поддержки UX/UI обеспечивает итеративные обновления на основе обратной связи, адаптируя интерфейс к новым сценариям. Данная статья систематизирует роль UX/UI в SDLC, опираясь на методические подходы к универсальным интерфейсам и принципам пользователь-ориентированный дизайн (user-centered design). Мы разберём интеграцию на каждой фазе, приведём примеры из практики и предложим рекомендации по оценке качества, чтобы подчеркнуть: без UX/UI современное ПО рискует остаться «техническим шедевром» без аудитории [1].

UX/UI на этапе анализа требований в SDLC. Этап анализа требований закладывает фундамент SDLC, где определяются функциональные и нефункциональные характеристики системы. Здесь UX/UI-дизайн играет роль «переводчика» между бизнес-целями и ожиданиями пользователей: проводятся исследования (персональные интервью, опросы, анализ поведения), формируя user personas и journey maps [5]. Например, сценарии воздействия пользователя на интерфейс – от авторизации до выполнения задач – анализируются для выявления болевых точек, что влияет на структуру данных и выбор элементов управления (кнопки, формы, навигация). Без этого этапа интерфейс рискует быть не интуитивным, как в случае ранних ERP-систем с перегруженными меню. Результат: требования к UI фиксируются в спецификациях, обеспечивая интеграцию UX в архитектуру ПО с первых шагов [1].

Проектирование и прототипирование: сердце UX/UI в SDLC. Фаза проектирования SDLC – время создания архитектуры и mockups. UX/UI здесь доминирует: от wireframes к high-fidelity прототипам, тестируемым на usability (A/B-тесты, eye-tracking) [2]. Этапы включают ideation (генерацию идей), визуализацию и итерации, где принципы удобных интерфейсов – иерархия, consistency, feedback – становятся критериями. Интеграция с SDLC видна в передаче прототипов разработчикам: дизайн-системы (Figma, Sketch) синхронизируются с кодом (CSS, React), минимизируя разрывы. Пример: в веб-продуктах UX определяет интерактивность (анимации, микроинтеракции), повышая вовлеченность на 30–50%. Это верхнеуровневое проектирование с UI-прототипами напрямую связывает модули системы с пользовательскими сценариями.

Реализация и тестирование: от дизайна к живому интерфейсу на этапе реализации кодеры воплощают UI, а UX/UI обеспечивает верность прототипам через дизайн-токены и рекомендации (guidelines). Тестирование – критическая фаза: юзабилити-тесты (с реальными пользователями), эвристическая оценка (heuristic evaluation) по Нельсен'у и автоматизированные проверки доступности (WCAG) интегрируются в QA-процесс SDLC [2]. Критерии качества: скорость отклика (<0,1 с), частоту ошибок (error rate) (<5%), показатель удовлетворённости пользователей (satisfaction score) (SUS >80). В agile итерации позволяют исправлять проблемы на спринтах, как в случае с прототипами для мобильных приложений. Роль UX: аргументация успеха – продукты с сильным дизайном снижают запросы поддержки на 40%.

Развертывание, сопровождение и итерации после развертывания UX/UI фокусируется на мониторинге: аналитика (heatmaps, session recordings) выявляет дропы, запуская обновления. В SDLC это maintenance-фаза с A/B-тестами новых функции, адаптацией под устройства (responsive design) и персонализацию [3]. Принципы user-centered design обеспечивают долгосрочный успех: интерфейсы эволюционируют, как Google Search, где UX-итерации держат 90%+ удержания. Интеграция в архитектуру позволяет масштабировать – от монолита к микросервисам с единообразный UI. Заключение по основной части UX/UI – не «добавка», а сквозной процесс SDLC, повышающий ROI на 100–200% за счет снижения оттока и ускорения выхода в рынок [6]. Методический подход: начинать с исследований, прототипировать рано, тестировать непрерывно [7].

UX/UI-дизайн – неотъемлемая часть SDLC, пронизывающая все фазы от анализа требований до сопровождения и обеспечивающая успех цифровых продуктов [2]. Как показано в анализе, на этапе требований пользователь-ориентированный дизайн формирует сценарии взаимодействия и структуру данных [1], на этапе проектирования – прототипы и принципы удобства [4], на этапе реализации и тестирования – верификацию качества [3], а на этапе сопровождения (maintenance) – итеративную эволюцию интерфейсов [5]. Без этой интеграции ПО рискует высоким оттоком (до 70% по данным Nielsen Norman Group, 2025) и удвоением затрат на поддержку.

В ходе исследования установлено, что UX/UI-дизайн является ключевым элементом процесса разработки программного обеспечения и напрямую влияет на восприятие продукта пользователями. Эффективный методический подход предполагает начало

проектирования с пользовательских исследований (personas, customer journeys), что позволяет учитывать реальные потребности аудитории. Интеграция UX/UI в архитектуру системы обеспечивает согласованность между дизайном и разработкой, а также формирует логичную и удобную структуру взаимодействия.

Оценка эффективности UX/UI основывается на конкретных метриках, таких как уровень удовлетворённости пользователей (SUS-score выше 80), успешность выполнения задач (более 90%) и снижение пользовательского оттока. Практическая реализация требует внедрения UX-ролей на ранних этапах SDLC, использования современных инструментов (Figma, Hotjar, Jira) и регулярного проведения usability-тестирования с интеграцией в процессы CI/CD.

Перспективы развития UX/UI связаны с внедрением искусственного интеллекта и персонализированных интерфейсов. Ожидается, что значительная часть неудач программных продуктов будет обусловлена недостаточным вниманием к пользовательскому опыту. Таким образом, UX/UI-дизайн выступает стратегическим фактором, обеспечивающим конкурентоспособность продукта и его ценность для пользователей.

ЛИТЕРАТУРА

1 Казаков Г. В. Методический подход к созданию универсального пользовательского интерфейса / Г. В. Казаков, В. В. Корянов, В. В. Чемирисов, А. В. Уваров // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2020. – № 11. – С. 1–12.

2 Пашкин А. А. Автоматизированное проектирование и анализ качества пользовательских интерфейсов: выпускная квалификационная работа магистра / А. А. Пашкин; науч. рук. Л. В. Гурьянов. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2023. – 117 с.

3 Слабко М. И. UX/UI дизайн: ключевые факторы для создания успешных продуктов / М. И. Слабко, Д. В. Сальников // Труды Белорусского государственного университета. – Минск, 2022. – С. 701–704.

4 Брусенцова Т. П. Проектирование интерфейсов пользователя: пособие для студентов специальности 1-47 01 02 «Дизайн электронных и веб-изданий» / Т. П. Брусенцова, Т. В. Кишкурно. – Минск: БГТУ, 2019. – 172 с.

5 UX/UI-дизайн: создание интуитивных интерфейсов [Электронный ресурс]. – URL:https://q.diasoft.ru/mediacenter/knowledge/ux-ui-dizayn-sozdanie-intuitivnykh-interfeysov/.

6 Жизненный цикл разработки ПО (SDLC): этапы, модели [Электронный ресурс]. – URL: https://kaiten.ru/blog/zhiznennyj-cikl-razrabotki-po-sdlc/.

7 UX/UI исследования: что это и почему важны для дизайна [Электронный ресурс]. – URL: https://sky.pro/wiki/digital-art/ux-ui-issledovaniya-chto-eto-i-pochemu-oni-vazhny-dlya-dizajna/.

ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБУЧЕНИИ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ

АМРЕНОВА К. У.
учитель информатики «Школа-гимназия № 24 многопрофильного направления» отдела образования города Экибастуза, управления образования Павлодарской области»
КАСЕТОВА С. Р.
учитель информатики «Школа-гимназия № 24 многопрофильного направления» отдела образования города Экибастуза, управления образования Павлодарской области»
АЛЕНОВА Т. З.
Коммунальное государственное учреждение «Средняя общеобразовательная школа № 13» отдела образования города Экибастуза, управления образования Павлодарской области

В эпоху цифровизации и глобализации сфера образования претерпевает изменения, приобретает новые высокоинтеллектуальные оттенки, а именно внедрение разных цифровых инструментов, таких, как нейросети, искусственный интеллект и другое. В связи с этим возникает проблема: недостаточная подготовленность учителя к использованию ИИ в процессе обучения, которая может препятствовать успешному внедрению и эффективному применению технологий искусственного интеллекта в образовательном процессе.

В современном мире все стремительно и быстро меняется под влиянием технологического прогресса, и образование также не остается в стороне от этих изменений. Искусственный интеллект становится важным ключом в сфере образования, открывая новые перспективы и ставя интересные задачи перед современными методами обучения. Искусственный интеллект (ИИ) – это область информатики, которая изучает методы и технологии создания интеллектуальных процессов, таких как логика, обучение и

понимание языка, с помощью компьютерных программ. Основная цель - разработать компьютерные системы, способные мыслить, учиться, принимать решения и решать задачи. В области образования ИИ открывает новые возможности для обучения языкам программирования.

Рассмотрим основные преимущества использования ИИ в этом контексте:

1. Персонализированное обучение. ИИ позволяет адаптировать образовательные материалы под индивидуальные потребности и уровень подготовки каждого учащегося, что способствует более эффективному усвоению материала.

2. Автоматизированная проверка кода. Системы ИИ могут автоматически проверять и оценивать программный код, помогая учащимся быстро находить и исправлять ошибки, что улучшает качество обучения.

3.Интерактивные обучающие платформы. ИИ способствует созданию интерактивных платформ и сред для программирования, таких как чат-боты и виртуальные наставники, которые предоставляют мгновенную обратную связь и помощь.

4. Генерация учебных материалов. ИИ может автоматически создавать учебные материалы, тесты и задания, что ускоряет процесс разработки контента и делает его более адаптированным к потребностям учащихся.

Традиционные методы обучения, предложенные выдающимися педагогами, также играют важную роль в образовательном процессе. Рассмотрим, как эти методы могут быть интегрированы с современными подходами:

Лекционный метод и идеи Джона Дьюи. Джон Дьюи подчеркивал важность активного обучения и практического применения знаний. Его идеи могут быть интегрированы в современный образовательный процесс следующим образом:

Обучение через практику: лекции должны включать практические задания и примеры, которые помогут студентам понять, как применять полученные знания в реальных задачах. Эти подходы делают лекционный метод более эффективным и соответствующим современным требованиям образовательного процесса.

Практические приспособления и лабораторные работы по концепциям Льва Выготского. Практические занятия и лабораторные работы должны быть спланированы таким образом,

чтобы находиться в зоне ближайшего развития учащегося. Это позволяет эффективно использовать поддержку со стороны преподавателя или более опытных участников, что способствует более глубокому усвоению материала и развитию навыков.

Иллюстрации и наглядные материалы в духе Марка Твена. Марк Твен использовал яркие и запоминающиеся образы в своих произведениях. Его подход можно применить к образовательным материалам:

- Яркость и запоминаемость: использование живых и красочных иллюстраций помогает учащимся лучше воспринимать и запоминать информацию. Наглядные материалы, подобные тем, что использовал Твен, могут сделать учебные материалы более интересными и доступными.

Интеграция современных технологий ИИ с традиционными методами обучения, такими как лекционный метод Джона Дьюи, практические подходы Льва Выготского и яркие иллюстрации в духе Марка Твена, может существенно повысить эффективность образовательного процесса. Это позволит создать более адаптивные, интерактивные и вовлекающие образовательные среды для обучения языкам программирования и другим предметам.

Методическая часть. С помощью таких технологий можно создавать интерактивные уроки, симуляторы и виртуальные мастер-классы, что делает процесс обучения интересным и понятным для всех учащихся. Кроме того, ИИ помогает значительно сэкономить время учителей, автоматизируя рутинные задачи, такие как проверка тестов и составление расписания. Это позволяет педагогам сосредоточиться на повышении качества образования и взаимодействии с учащимися. Поэтому искусственный интеллект – это не просто инструмент, а новое измерение в образовании. Мы находимся на пороге исключительных возможностей, но мы также сталкиваемся и со сложными испытаниями. Важно разработать эффективные стратегии для внедрения ИИ в образовательные процессы, а также поддерживать цели и ценности обучения.

Использование искусственного интеллекта необходимо в наше время. Преимущества и перспективы использования в обучении языкам программирования становятся очевидными. Системы ИИ, такие как GPT- 4 и Gemini, могут помочь учащимся лучше понять сложные концепции, предложить индивидуальные задания и индивидуальные тесты, а также предоставить мгновенную обратную связь. [1, с. 3].Такие платформы, как Canvas, позволяют

интегрировать эти технологии в образовательный процесс, тем самым создавая интерактивный процесс обучения, адаптированный к потребностям каждого учащегося. [4, с. 3]. Gamma может использовать алгоритмы машинного обучения и аналитические инструменты для обработки больших объемов данных. [4, с. 3].

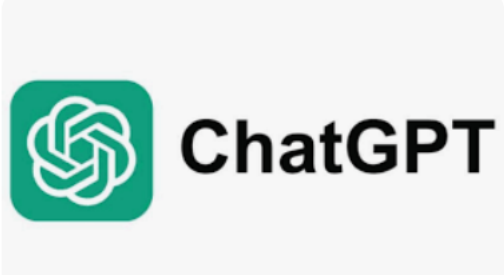


Рисунок 1 – Искусственный интеллект ChatGPT



Рисунок 2 – Онлайн сервис для создания дизайна Canva



Рисунок 3 – Искусственный интеллект Gemini



Рисунок 4 – Искусственным интеллектом Gamma AI

5. Практическая часть. Совместно с учеником 11 класса мы разработали ресурсную библиотеку для виртуальной реальности (VR) на платформе Unity. В этом проекте мы применяли искусственный интеллект (ИИ) для оптимизации разработки, а также использовали инструменты Blender, Java и Python для создания и интеграции контента. Цель нашего проекта заключалась в создании обучающих программ, которые делают процесс обучения более увлекательным и эффективным. ИИ был применен для автоматизации написания кода, оптимизации алгоритмов взаимодействия в VR и улучшения качества работы библиотеки. Платформа Unity для разработки VR-контента, создание интерактивных 3D-сцен и разработки образовательных программ с VR-технологиями. В результате, повышение мотивации и вовлеченности в учебный процесс, а также лучшее понимание материала. С помощью образовательных программ таких как Blender – использовался для создания 3D-моделей и текстур. В Blender были разработаны высококачественные ассеты, которые были затем импортированы в Unity. [5, с. 4].



Рисунок 5 – Blender для создания 3D-моделей и текстур



Рисунок 6 – Java язык программирования



Рисунок 7 – Python язык программирования

Python – использовался для автоматизации процессов и создания вспомогательных скриптов. Python также применялся для обработки данных и интеграции ИИ-алгоритмов, что позволило оптимизировать работу библиотеки и улучшить пользовательский опыт. [7, с. 4].

В рамках нашего проекта совместно с учеником 11 класса была разработана инновационная ресурсная библиотека для виртуальной реальности на платформе Unity. [8, с.5]. Библиотека включает в себя дополнительные материалы и инструменты, предназначенные для создания и использования обучающих программ с применением VR.

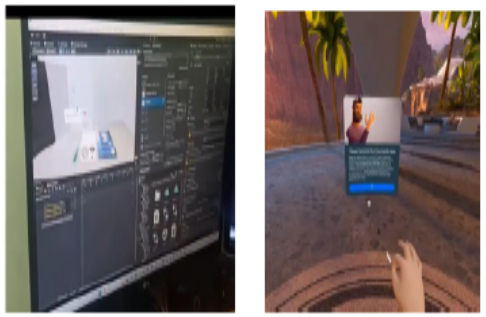


Рисунок 8 – Платформа Unity

Проект был представлен на республиканском конкурсе «Зерде», где получил оценку жюри и был удостоен номинации «Лучшая работа». Это признание наград за инновационность и оригинальность разработанных решений, а также его вклад в развитие.

На изображении представлен процесс кодирования, в котором использованы технологии искусственного интеллекта (ИИ) и различные программные инструменты, такие как Unity, Blender, Java и Python. Также показана готовая ресурсная библиотека для виртуальных реальностей (VR), разработанная на платформе Unity.

ЛИТЕРАТУРА

1 А.Адонин Python –разработчик Санкт-Петербург: Питер,2025. – 512 с.

2 Информатика. Учебник для учащихся 6 класса общеобразовательной школы/Г.И. Салгараева, Г.А. Копеева, А.А. Каптагае ва, А.Г. Юсупова. – Нур-Султан: Издательство «Ар ман-ПВ», 2020. – 160 стр.

3 Unity 2021: разработка игр и VR-приложений. – ДМК Пресс, 2022. – 512 с.

4 Canva. Официальный сайт: https://www.canva.com

5 ChatGPT. Официальный сайт: https://chat.openai.com

6 Gemini. Официальный сайт: https://gemini.google.com

7 Gamma AI. Официальный сайт: https://gamma.app

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

АНДРЕЕВ А. А.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
АКАНОВА А. С.
PhD, доцент, Торайгыров университет, г. Павлодар

Деградация земель является критической проблемой для экосистемы и сельского хозяйства. В данной статье рассматриваются современные методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и применение глубокого обучения для автоматизированного обнаружения проблемных участков почвы. Основной акцент сделан на интеграции мультимодальных данных – оптических снимков, радиолокационных данных и климатических параметров. Проведен сравнительный анализ точности моделей в зависимости от количества используемых сенсоров. Результаты показывают значительное преимущество комбинированных подходов перед одномодальными системами мониторинга.

Проблема деградации почвенного покрова признана одной из наиболее серьезных экологических угроз современности. Для Республики Казахстан, обладающей обширными аграрными территориями в засушливых и полузасушливых зонах, своевременная диагностика состояния земель имеет стратегическое значение для продовольственной безопасности [1].

Традиционные методы мониторинга, основанные на полевых выездах и химическом анализе проб, характеризуются высокой стоимостью и низкой периодичностью. Внедрение систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволило кардинально изменить подход к оценке территорий. Однако современные вызовы требуют не просто получения снимков, а их интеллектуальной обработки. Одномодальные системы (использующие только один тип данных) часто сталкиваются с ограничениями: оптические спутники зависимы от облачности, а радарные системы сложны в интерпретации спектральных характеристик растительности. Решением становится использование мультимодальных моделей машинного обучения, способных синтезировать информацию из различных источников [2].

Основными инструментами для анализа деградации земель в современных исследованиях выступают спутниковые группировки программы Copernicus (Sentinel-1 и Sentinel-2).

Оптические данные (Sentinel-2): предоставляют информацию в видимом и инфракрасном диапазонах. Основным индикатором здесь выступает индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Однако при сильной деградации почв растительность может отсутствовать вовсе, что делает NDVI малоинформативным. В таких случаях применяются специализированные индексы, такие как BSI (Bare Soil Index) или SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) [3].

Визуализация спектральных различий на практике может быть продемонстрирована на примере территории Коргалжынского государственного природного заповедника в естественных цветах (Рисунок 1) и в режиме NDVI (Рисунок 2).



Рисунок 1 – Спутниковый снимок в естественных цветах

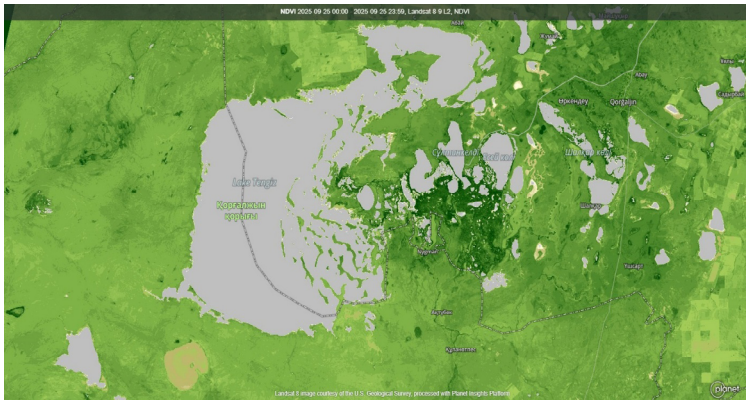


Рисунок 2 – Спутниковый снимок в режиме NDVI

Радиолокационные данные (Sentinel-1): Технология радарного синтезирования апертуры (SAR) позволяет «видеть» сквозь облака и проводить съемку в ночное время. SAR-данные чувствительны к шероховатости поверхности и содержанию влаги в почве. Это критически важно для обнаружения ветровой эрозии и опустынивания, когда структура поверхности почвы меняется быстрее, чем её спектральные характеристики [4].

Комбинирование этих двух «модальностей» позволяет создать комплексный цифровой портрет исследуемого участка.

Архитектура мультимодальных нейросетевых моделей. В основе комбинирования данных лежит концепция Data Fusion (слияние данных). В глубоком обучении выделяют три основных стратегии интеграции мультимодальной информации:

Раннее слияние (Early Fusion): Данные от разных сенсоров объединяются на уровне входных признаков (например, создание многоканального изображения, где каналы Sentinel-1 накладываются на Sentinel-2). Это позволяет модели изучать прямые корреляции между спектром и текстурой.

Промежуточное слияние (Intermediate Fusion): Каждая модальность обрабатывается отдельной ветвью нейронной сети (например, сверточными слоями CNN). Затем извлеченные признаки объединяются в единый вектор для классификации. Этот метод считается наиболее устойчивым к зашумленным данным.

Позднее слияние (Late Fusion): Модели принимают решения независимо, а их результаты комбинируются методами усреднения или взвешенного голосования [5].

Современные архитектуры, такие как трансформеры (Transformers) с механизмами внимания (Attention mechanisms), позволяют модели фокусироваться на наиболее значимой в данный момент модальности. Например, если оптический снимок затянут облаками, веса модели автоматически смещаются в сторону радарных данных.

Анализ эффективности и результаты. Для оценки преимуществ мультимодального подхода было проведено сравнение эффективности моделей, использующих разное количество источников данных. В качестве метрики использовалась общая точность классификации (Overall Accuracy).

Сравнительные данные, основанные на агрегированных результатах современных исследований, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Статистика точности классификации для различных групп моделей

Группа моделей (количество сенсоров)	Средняя точность (%)	Стандартное отклонение	Диапазон значений (%)
Один сенсор (только Оптика или SAR)	61.1	9.1	48 – 74
Два сенсора (Оптика + SAR)	71.0	4.9	64 – 81
Три сенсора (Оптика + SAR + Климат/Рельеф)	78.0	3.6	74 – 83

Анализ таблицы показывает, что переход от одномодальных моделей к мультимодальным значительно повышает качество диагностики. Использование одного сенсора дает среднюю точность всего 61,1 %, при этом наблюдается высокий разброс (стандартное отклонение 9,1 %), что говорит о нестабильности метода в различных погодных условиях или типах ландшафта.

Добавление второй модальности (сочетание Sentinel-1 и Sentinel-2) увеличивает среднюю точность до 71 %. Наиболее важным результатом здесь является снижение стандартного отклонения почти в два раза (до 4,9 %), что свидетельствует о надежности модели. При включении третьей модальности (дополнительные данные о рельефе или истории осадков) точность достигает 78 % [6].

Высокая эффективность мультимодальных моделей объясняется принципом комплементарности (дополнительности). Оптические каналы отлично фиксируют биологическую активность растительности, в то время как радарные каналы предоставляют физические характеристики поверхности земли.

Однако внедрение таких систем сопряжено с рядом технических сложностей:

– Пространственно-временное совмещение: Спутники проходят над одной и той же точкой в разное время и с разным.

– Вычислительная сложность: Обучение мультимодальных сетей требует значительных ресурсов GPU и больших объемов размеченных данных (Ground Truth), которые сложно получить в условиях труднодоступных регионов Казахстана.

– Дисбаланс модальностей: в некоторых случаях одна модальность может доминировать над другой, подавляя полезные признаки, что требует тонкой настройки функций потерь (loss functions) нейронной сети.

Развитие мультимодальных моделей является ключевым трендом в области интеллектуального анализа данных земли. Дальнейшие перспективы связаны с использованием архитектур глубокого обучения, способных работать с временными рядами данных, что позволит не только фиксировать факт деградации, но и прогнозировать её развитие на ранних стадиях. Применение данных технологий в условиях Казахстана позволит автоматизировать процесс экологического аудита земель и своевременно принимать меры по рекультивации деградированных территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1 Gomez C., White R. P., Lang M. et al. Remote sensing of land degradation: Progress and future directions // Remote Sensing Applications: Society and Environment. – 2021. – Vol. 23. – P. 100529 [на англ. яз.].

2 Shafique A., Cao G., Luo Z. et al. Deep Learning for Land Cover Change Detection: A Review. – 2022. [Электронный ресурс]. – URL: https://arxiv.org/abs/2205.01380 [дата обращения: 19.03.2026] [на англ. яз.].

3 Ebrahimi A., Ghorbani A., Moameri M. et al. Assessing the accuracy of spectral indices obtained from Sentinel images using field research to estimate land degradation // Plos one. – 2024. – Т. 19. – № 7. – С. e0305758 [на англ. яз.].

4 Zeyliger A. M., Ermolaeva O. S., Sokolova A. V. et al. Field test of the surface soil moisture mapping using Sentinel-1 radar data // Science of the Total Environment. – 2022. – Т. 807. – С. 151121 [на англ. яз.].

5 Saidi S., Smaoui N., Skhiri R. et al. Deep-learning for change detection using multi-modal fusion of remote sensing images: A review // Remote Sensing. – 2024. – Т. 16. – № 20. – С. 3852 [на англ. яз.].

6 Smith J., Brown A., Patel R. et al. Integrating Multimodal Remote Sensing Data for Enhanced Land Degradation Monitoring: A Comparative Study. – 2025. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.preprints.org/manuscript/202510.0743 [дата обращения: 19.03.2026] [на англ. яз.].

ЭВОЛЮЦИЯ ПОДХОДОВ К АНАЛИЗУ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ: ОТ КЛАССИЧЕСКОЙ ЭКОНОМЕТРИКИ К МЕТОДАМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

АХМЕДИЯ Е. Е.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ОСПАНОВА Н. Н.
профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Прогнозирование временных рядов является фундаментом для принятия стратегических решений в экономике. Актуальность темы обусловлена возрастающей волатильностью глобальных рынков, что требует от исследователей поиска более точных инструментов, чем классические статистические методы. Целью данного обзора является систематизация публикаций и выявление ключевых тенденций в развитии методов анализа временных рядов за период с 1994 по 2025 гг.

Обзор показывает эволюцию от линейных статистических моделей к нелинейным нейросетевым архитектурам, что открывает новые возможности для анализа сложных экономических циклов в условиях неопределенности.

Рассмотренные работы посвящены развитию методов статистического вывода и прогнозирования макроэкономических показателей с использованием продвинутых моделей. Бин Су и Кэ Чжу (Bing Su, Ke Zhu) в своей работе «Inference for the panel ARMA–GARCH model when both N and T are large» предлагают теоретическую базу для работы с большими панельными данными, представляя модель panel ARMA–GARCH. Кодруц Ивашку (Codru

Ivaşcu) в статье «Can Machine Learning Models Predict Inflation?» исследует границы применимости машинного обучения на примере прогнозирования инфляции в Румынии. В работе «Enhancing GDP Growth Forecasting with LSTM, GRU, and Hybrid Model: Evidence from South Korea» демонстрируется преимущество нейросетей LSTM и GRU при прогнозировании роста ВВП Южной Кореи.

1 Статистические модели. Основой анализа временных рядов долгое время оставались модели ARIMA(p, d, q) и методы оценки волатильности GARCH. У. Грин и Дж. Гамильтон описывают эти подходы как стандарт для работы с одномерными и многомерными рядами (VAR), подчеркивая их интерпретируемость. Гамильтон в своей работе описывает традиционные инструменты для анализа динамических систем, включая линейные представления, автоковариацию, генерирующие функции, спектральный анализ и фильтр Калмана, демонстрируя их полезность как для экономической теории, так и для изучения и интерпретации реальных данных [7]. Однако данные модели часто пасуют перед нелинейными зависимостями в данных.

2 Машинное обучение. Традиционные модели прогнозирования роста ВВП в значительной степени опираются на традиционные экономические показатели и стандартные линейные эконометрические методы. Однако растущая сложность глобальной торговли и экономической взаимозависимости требует более тонкого подхода к прогнозированию. Недавние достижения в области машинного обучения открывают перспективные возможности для повышения эффективности и надёжности экономических прогнозов за счёт обработки больших наборов данных и выявления сложных нелинейных связей [9].

Современные исследования доказывают, что ансамблевые методы, такие как XGBoost, LightGBM и Random Forest, превосходят классическую эконометрику в краткосрочном прогнозировании инфляции и ВВП. Методы машинного обучения, такие как ANN, ElasticNet, SVM и XGBoost, предлагают более гибкие и мощные подходы к моделированию многомерных, нелинейных и сложных отношений [6]. Эти модели выходят за рамки традиционных ограничений, фиксируя нелинейные связи и эффективно обрабатывая большие наборы данных. ANN продемонстрировали трансформационные возможности в различных областях, включая трансляцию, распознавание изображений и автономную навигацию, что подчёркивает их универсальность [4]. Основное преимущество

здесь — способность алгоритмов автоматически учитывать сложные взаимодействия между переменными без строгих предположений о распределении. Хотя эконометрические подходы хорошо задокументированы, очень немногие исследования используют машинное обучение для инфляции или других макроэкономических переменных [3].

3 Глубокое обучение. Наиболее перспективным направлением является использование рекуррентных нейронных сетей (LSTM, GRU). Исследования показывают, что гибридные модели (например, CNN-LSTM) значительно точнее прогнозируют динамику ВВП в периоды экономических кризисов по сравнению с традиционными динамическими факторными моделями (DFM).

Современные рекуррентные нейронные сети, такие как LSTM и GRU, были разработаны для устранения основных недостатков стандартных рекуррентных нейронных сетей (RNN), а именно их сложности с фиксацией долгосрочных зависимостей, таких как взрывающиеся и исчезающие градиенты при использовании обратного распространения на этапе обучения, что мешало их оценке. Рост вычислительной мощности соверменных компьютеров частично способствовал увеличению важности сетей LSTM и GRU в прогнозировании временных рядов, поскольку они могут моделировать нелинейную динамику и фиксацию зависимостей на дальние расстояния. Модели прогнозирования на основе LSTM и GRU используют численные данные, такие как значения исторических временных рядов, для определения временных шаблонов и создания прогнозов [8].

Растущая популярность метода глубокого обучения в области финансов, экономического анализа и прогнозирование временных рядов продолжается. В частности, модель Long Short-Term Memory (LSTM) получила значительное внимание и в некоторых случаях превзошла модель ARIMA (таблица 1) [5].

Таблица 1 – Методы эконометрики

Метод	Основные авторы / Источники	Ключевой вклад	Ограничения
ARIMA / VAR	Гамильтон, Грин	Теоретическая база, высокая интерпретируемость	Плохо работают с нелинейными данными
XGBoost / RF	Исследования 2023–2025 гг.	Высокая точность на многомерных данных	Требуют тщательной настройки регуляризации

LSTM / GRU	Современные препринты	Учет долгосрочных зависимостей	Эффект «черного ящика», потребность в больших данных

Обзор литературы и анализ данных методов показывает отчетливый тренд на гибридизацию: использование ИИ для обработки данных и классической эконометрики для их интерпретации. Тем не менее, выявлен пробел в исследованиях, посвященных применению глубокого обучения для специфических условий развивающихся рынков, таких как Казахстан.

Данный обзор служит методологической базой для разработки системы прогнозирования макроэкономических индикаторов на основе нейронных сетей, что актуально для государственных органов и финансовых институтов.

ЛИТЕРАТУРА

1 William H. G. Econometric analysis. – New York: Pearson, 2020. – 132 с.

2 Bing S., Ke Z. Inference for the panel ARMA–GARCH model when both N and T are large // ResearchGate. 2014 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/380184132_Inference_for_the_panel_ARMA-GARCH_model_when_both_N_and_T_are_large

3 Codruț I. Can Machine Learning Models Predict Inflation? // refernce-global. 2023 г. [Электронный ресурс] – URL: https://reference-global.com/download/article/10.2478/picbe-2023-0155.pdf

4 Dong J. P. Enhancing GDP Growth Forecasting with LSTM, GRU, and Hybrid Model: Evidence from South Korea // SageJournals. 2025 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/21582440251359828

5 Ghani R. N., Antoni W. Time Series Forecasting Based on Deep Learning CNNLSTM-GRU Model on Stock Prices // ijettjournal. 2023 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://ijettjournal.org/Volume-71/Issue-6/IJETT-V71I6P215.pdf

6 Hakan K., Batuhan Ö. Comparative analysis of machine learning and traditional methods in Turkey's gross domestic product forecasting // ipe. 2025 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://ipe.ro/ftp/RePEc/rjef3_2025/rjef3_2025p110-127.pdf

7 James D. H. Time Series Analysis // google books. 1994 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://books.google.kz/books/about/Time_Series_Analysis.html?hl=en&id=B8_1UBmqVUoC&redir_esc=y

8 Jorge A. C., Toan L. Q., Aruhan R. S. Forecasting Federal Fund Rates with AI: LSTM, GRU, and Large Language Model Approaches // amro asia. 2025 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://amro-asia.org/wp-content/uploads/2025/09/AMRO_WP_25_10_FedAI_model.pdf

9 Thiago C. S., Paulo V. B., Diego R. A. Machine learning and economic forecasting: the role of international trade networks // arxiv. 2024 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://arxiv.org/html/2404.08712v1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА КАК ИНСТРУМЕНТА МОДЕРНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

АХМЕТОВА М. Х.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Одной из наиболее актуальных проблем, с которыми сталкивается система высшего образования в Республике Казахстан и странах СНГ, является снижение учебной мотивации студентов. Недостаточная вовлеченность обучающихся в образовательный процесс во многом связана с использованием традиционных форм обучения, которые не всегда учитывают индивидуальные особенности, уровень подготовки и образовательные потребности студентов. В связи с этим возрастает необходимость перехода к более гибким и персонализированным моделям обучения, ориентированным на индивидуальные образовательные траектории. В данном контексте особую актуальность приобретает внедрение современных цифровых технологий в образовательный процесс. Развитие цифровых технологий привело к активному внедрению искусственного интеллекта в различные сферы общества, включая образование. Педагогика, как наука о методах и принципах обучения, также претерпевает значительные изменения под влиянием искусственного интеллекта [1].

Искусственный интеллект уже длительное время активно внедряется в различные сферы человеческой деятельности, и система образования не является исключением. Развитие

технологий искусственного интеллекта обусловило появление нового инструмента в образовательной среде – использования искусственного интеллекта в качестве вспомогательного средства для преподавателя. Данный инновационный подход к организации учебного процесса обладает значительным потенциалом для трансформации традиционных методов обучения, способствуя повышению их эффективности и обеспечивая более высокий уровень персонализации образовательного процесса [1; 2].

Возможности искусственного интеллекта в стимулировании познавательной активности обучающихся обусловлены его способностью формировать адаптивную, персонализированную и психологически комфортную образовательную среду. Среди основных направлений его применения можно выделить следующие:

– повышение уровня учебной мотивации благодаря использованию современных цифровых и инновационных технологий, что особенно важно в условиях постепенного устаревания традиционных методов обучения;

– развитие речевых навыков в процессе изучения иностранных языков посредством взаимодействия с интеллектуальными чат-ботами, способными моделировать диалог, приближенный к реальному человеческому общению;

– обеспечение доступности и гибкости образовательного процесса, позволяющее учащимся работать с учебным материалом в удобное время и в любом месте, повторяя и закрепляя объясненный преподавателем материал;

– снижение уровня тревожности при взаимодействии с цифровой системой, что способствует формированию большей уверенности у обучающихся и облегчает процесс обучения;

– наглядное представление сложных теоретических понятий с использованием AR-лабораторий и трехмерных моделей, что усиливает эмоциональное восприятие и обеспечивает более глубокое сенсорное погружение в изучаемый материал;

– применение элементов геймификации в учебной деятельности с использованием обучающих игр на основе технологий глубокого обучения, что формирует эффект «малых достижений», стимулирующий дофаминовую реакцию и повышающий интерес к обучению.

Таким образом, искусственный интеллект открывает путь к созданию персонализированной образовательной экосистемы,

где технология усиливает не только эффективность, но и глубину познавательного процесса [2; 3].

Одним из ключевых новшеств в образовательной практике является внедрение адаптивных обучающих систем, основанных на алгоритмах искусственного интеллекта. Такие системы способны анализировать уровень знаний обучающихся, скорость усвоения материала и типичные ошибки, после чего автоматически подбирать индивидуальные задания и образовательные материалы. Это позволяет формировать персонализированные образовательные траектории и повышать эффективность усвоения учебной информации.

Еще одним инновационным направлением является использование интеллектуальных систем автоматической проверки заданий. Применение технологий искусственного интеллекта позволяет существенно сократить время на проверку тестов, эссе и практических работ. Кроме того, подобные системы способны анализировать типичные ошибки студентов и предоставлять рекомендации по их устранению, что способствует более глубокому усвоению учебного материала.

Важным новшеством также является внедрение виртуальных образовательных ассистентов и чат-ботов, которые могут оказывать круглосуточную поддержку обучающимся. Такие цифровые помощники способны отвечать на вопросы студентов, объяснять сложные темы, предоставлять дополнительные материалы и помогать в подготовке к занятиям. Это расширяет возможности самостоятельного обучения и повышает доступность образовательных ресурсов.

Дополнительным инновационным решением выступает применение аналитических систем на основе искусственного интеллекта, которые позволяют преподавателям отслеживать академическую активность обучающихся. С помощью анализа больших массивов образовательных данных возможно выявление студентов, испытывающих трудности в обучении, а также прогнозирование их академической успеваемости. Это дает возможность своевременно корректировать образовательный процесс и оказывать необходимую педагогическую поддержку [4; 5].

Учитывая вышеперечисленные аспекты, в будущем рассматривается возможность использования искусственного интеллекта в образовании. В контексте образования искусственный интеллект способен играть роль инструмента, который позволяет

автоматизировать и персонализировать учебный процесс, потому что его системы могут адаптироваться к индивидуальным особенностям каждого обучающегося, предоставляя персонализированные рекомендации, создавая адаптивные учебные траектории и обеспечивая интерактивное взаимодействие. Это особенно важно для студентов с особыми образовательными потребностями, которым требуется гибкий подход к обучению. Чат-боты и голосовые помощники помогают студентам получать мгновенные ответы на вопросы, сокращая нагрузку на педагогов и создавая более комфортную образовательную среду. Искусственный интеллект помогает собирать и анализировать данные о прогрессе учащихся, что способствует более точному выявлению проблемных зон в обучении и своевременной корректировке учебных программ [6, 14 с.].

Следовательно, использование технологий искусственного интеллекта способствует не только повышению эффективности образовательного процесса, но и существенному переосмыслению традиционных подходов к организации обучения. Актуальность внедрения данных технологий определяется общественным запросом на модернизацию образовательной среды, а также необходимостью формирования у обучающихся цифровых компетенций, соответствующих современным требованиям развития общества и рынка труда. Особое значение применение искусственного интеллекта приобретает в работе с подростками. В частности, у учащихся девятых классов нередко наблюдается снижение учебной мотивации и интереса к традиционным формам организации учебной деятельности. В этих условиях использование интеллектуальных цифровых инструментов может выступать эффективным средством обновления образовательных практик. Интеграция искусственного интеллекта в учебный процесс позволяет внедрять интерактивные форматы взаимодействия, которые способствуют повышению вовлеченности обучающихся, стимулируют их познавательную активность и создают более динамичную и привлекательную образовательную среду [5, 363 с.].

Эффективность применения технологий искусственного интеллекта в качестве инструмента повышения мотивации студентов во многом зависит от педагогически обоснованного подхода к их внедрению, уровня цифровой компетентности преподавателей и студентов, а также от соответствия используемых технологий целям и задачам профессиональной подготовки. В этой связи возникает необходимость научного анализа применения технологий

искусственного интеллекта в высшем образовании как средства повышения мотивации студентов к обучению, что определяет актуальность и направленность данного диссертационного исследования.

Внедрение технологий искусственного интеллекта в образовательную организацию представляет собой поэтапный и системно организованный процесс, требующий предварительного анализа условий и готовности образовательной среды (рисунок 1).

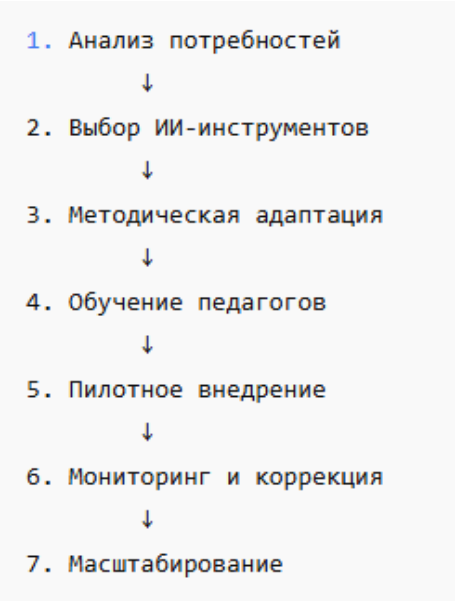


Рисунок 1 – Этапы внедрения искусственного интеллекта в образовательную организацию

Так, эффективность интеграции искусственного интеллекта зависит не только от технической оснащённости, но и от методической проработки, профессиональной подготовки педагогов и управленческих решений. Важно учитывать педагогические цели, особенности контингента обучающихся и нормативно-правовые требования. Поэтапный подход позволяет минимизировать риски и обеспечить устойчивость инновационных изменений. На рисунке ниже представлены основные этапы внедрения искусственного интеллекта в образовательную организацию.

Использование интеллектуальных алгоритмов позволяет оптимизировать процесс преподавания, повысить эффективность усвоения знаний и предоставить учащимся новые возможности для персонализированного обучения. Однако, наряду с преимуществами, возникают и определенные вызовы, такие как необходимость адаптации традиционных педагогических подходов, вопросы этики и приватности данных. Кроме того, важно учитывать возможное сопротивление со стороны образовательных учреждений, неготовых к полной цифровизации учебного процесса. Таким образом, интеграция искусственного интеллекта в образование не только повышает эффективность учебного процесса, но и способствует формированию более гибкой, адаптивной и ориентированной на студента образовательной среды [6].

В долгосрочной перспективе применение искусственного интеллекта в вузе должно быть направлено не только на повышение текущей успеваемости, но и на формирование готовности студентов к профессиональной деятельности в условиях цифровой экономики. Таким образом, модель применения искусственного интеллекта как инструмента мотивации в вузе представляет собой комплексную систему, включающую технологические, педагогические и психологические элементы. Эффективность данной модели определяется не самим фактом внедрения искусственного интеллекта, а степенью его интеграции в гуманистически ориентированную образовательную среду. Только при соблюдении принципов педагогической целесообразности, этической ответственности и профессиональной готовности преподавателей искусственный интеллект становится фактором устойчивого повышения учебной мотивации студентов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Мустафаева А. М. Способы улучшения учебного процесса в системе образования при помощи искусственного интеллекта. URL: https://infolesson.kz/statya-sposoby-uluchsheniya-uchebnogo-processa-v-sisteme-obrazovaniya-pri-pomoshi-iskusstvennogo-intellekta-7584945.html .

2 Сысоев П. В., Филатов Е. М. Чат-боты в обучении иностранному языку: преимущества и спорные вопросы // Вестник ТГУ. – 2023. – № 1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/chat-boty-v-obuchenii-inostrannomu-yazyku-preimuschestva-i-spornye-voprosy.

3 Руденко М. Б., Голодков Ю. Э., Карелин А. Г. Искусственный интеллект в образовании: возможности и риски // Образование и право. – 2023. – № 10. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-obrazovanii-vozmozhnosti-i-riski.

4 Шрейнер В. О., Биткеева А. А. Использование ИИ как средства повышения мотивации учащихся к уроку биологии // Вестник науки. – 2025. – № 5 (86). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-ii-kak-sredstvo-povysheniya-motivatsii-uchasc-hihsya-k-uroku-biologii.

5 Руденко М. Б., Голодков Ю. Э., Карелин А. Г. Искусственный интеллект в образовании: возможности и риски // Образование и право. – 2023. – № 10. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-obrazovanii-vozmozhnosti-i-riski

6 Перфильева, П. А. Влияние искусственного интеллекта на будущее педагогики / П. А. Перфильева. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2025. – № 7 (558). – С. 113–114. – URL: https://moluch.ru/archive/558/122666.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРЕДПОЧТЕНИЙ В ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ

БАУТИНОВ Б. К.
магистрант, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева

В условиях стремительной цифровизации рынок розничной торговли переживает существенные преобразования. Ведущую роль в этих изменениях играет интеграция искусственного интеллекта (ИИ) и методов прогнозной аналитики, которые становятся ключевыми инструментами для понимания и предсказания поведения покупателей. Настоящий обзор обобщает современные исследования и практические подходы, применяемые в этой области, а также рассматривает наиболее эффективные стратегии взаимодействия с клиентами, основанные на анализе данных. В работе последовательно изложены базовые принципы искусственного интеллекта и прогнозной аналитики, показано, как их сочетание помогает розничным компаниям предсказывать спрос, выявлять тенденции и принимать обоснованные решения. Особое внимание уделено новым направлениям - алгоритмам машинного обучения, методам обработки естественного языка и компьютерного зрения, которые расширяют возможности ритейла в

сфере персонализации и оптимизации бизнес-процессов. Отдельный акцент сделан на проблемах качества данных, этических аспектах и рисках, связанных с конфиденциальностью и алгоритмическими искажениями. В статье приведены примеры успешного внедрения ИИ-решений, продемонстрировавших рост эффективности, продаж и уровня удержания клиентов. Представленный обзор может быть полезен исследователям и специалистам, изучающим применение ИИ-технологий в электронной коммерции и розничной торговле.

Технологические инновации продолжают радикально менять способы ведения бизнеса, в том числе в сфере розничной торговли. В последние годы именно искусственный интеллект и прогнозная аналитика стали определяющими факторами конкурентоспособности компаний, поскольку позволяют глубже понять динамику потребительского поведения и оперативно реагировать на изменения рынка [1]. Рост объемов цифровых данных стимулирует использование алгоритмов машинного обучения, анализа естественного языка и компьютерного зрения, благодаря которым ритейлеры получают ценную информацию о предпочтениях покупателей, структуре спроса и эффективности внутренних процессов [2]. Цель данного обзора -систематизировать существующие методы прогнозирования предпочтений потребителей с применением технологий искусственного интеллекта, а также проанализировать их практическое применение в электронной коммерции. В работе рассматриваются ключевые подходы, позволяющие компаниям повышать качество клиентского опыта, точность прогнозов и уровень автоматизации управления запасами и маркетинговыми кампаниями. В современных условиях, когда вкусы и ожидания потребителей быстро меняются, а конкуренция усиливается, использование прогнозной аналитики на основе ИИ становится не просто преимуществом, а необходимостью для устойчивого развития бизнеса.

Литературный обзор. В последние десятилетия наблюдается стремительный рост числа научных публикаций, посвящённых вопросам прогнозирования потребительских предпочтений и применению искусственного интеллекта в электронной коммерции. Данная тенденция отражает общий тренд цифровизации экономики и усиления интереса исследователей к анализу больших данных, машинному обучению и интеллектуальным системам поддержки решений. На рисунке 1 представлен график динамики публикационной активности в период с 1950 по 2025 годы. Видно, что до конца XX века исследования в этой области носили эпизодический характер: количество работ

оставалось незначительным, а большинство публикаций касалось отдельных аспектов автоматизации и статистического моделирования. Однако начиная с 2000-х годов, особенно после 2010 года, наблюдается резкий рост числа статей, посвящённых применению искусственного интеллекта и методов прогнозирования поведения потребителей. Это связано с несколькими ключевыми факторами: развитием интернет-торговли, накоплением больших массивов пользовательских данных и доступностью вычислительных мощностей, необходимых для анализа этих данных. Согласно представленной диаграмме, пик публикационной активности приходится на период 2020-2023 годов. В это время фиксируется наибольшее количество научных работ, что объясняется всплеском интереса к цифровым решениям на фоне глобальных изменений в экономике и перехода многих компаний к онлайн-моделям взаимодействия с клиентами.

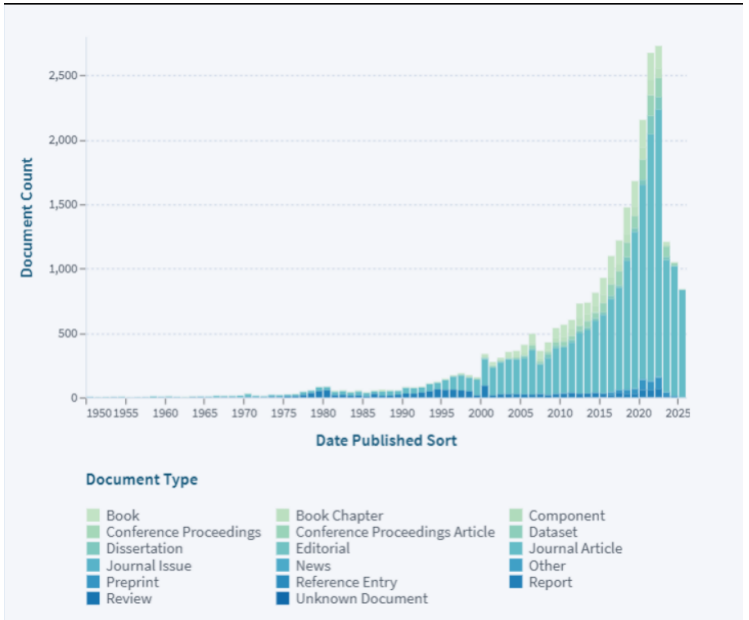


Рисунок 1 – Рост числа публикаций по тематике прогнозирования предпочтений и ИИ в электронной коммерции (1950-2025 гг.). Источник Lens.org

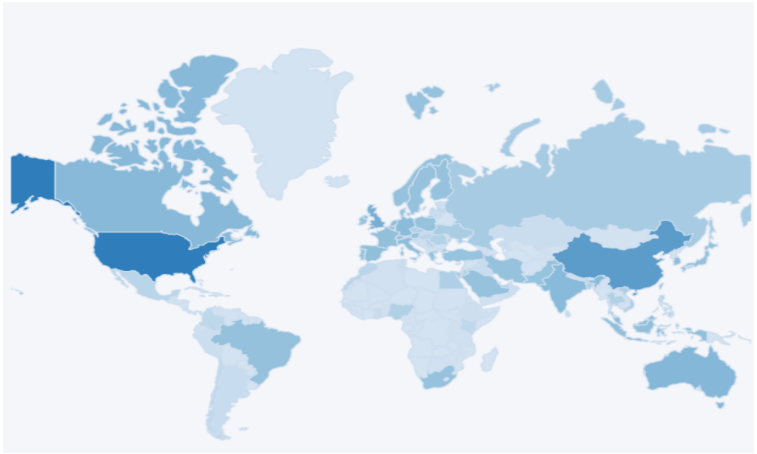


Рисунок 2 – Географическое распределение публикаций по странам и регионам. Источник Lens.org

Таким образом, библиометрический анализ демонстрирует устойчивый и закономерный рост интереса к тематике прогнозирования предпочтений в электронной коммерции. Этот рост обусловлен как технологическими достижениями, так и изменениями в поведении потребителей, которые всё активнее взаимодействуют с цифровыми сервисами. Увеличение числа научных публикаций свидетельствует о формировании устойчивого научного направления, интегрирующего достижения искусственного интеллекта, аналитики данных и экономики потребления. Полученные результаты подтверждают, что исследуемая область находится на этапе активного развития и продолжает расширяться за счёт внедрения новых подходов, таких как глубокое обучение, гибридные рекомендательные модели и когнитивные вычисления. В совокупности это создаёт научную основу для дальнейших разработок в сфере интеллектуальных систем прогнозирования и способствует повышению эффективности бизнеса в цифровой среде.

Основой нынешней электронной коммерции уверенно можно назвать развитие, разработку и применение рекомендательных систем [3]. В основе же рекомендательных систем стоят математические алгоритмы и построенные поверх их модели машинного обучения. Классифицировать рекомендательные системы можно на три категории: коллаборативная фильтрация, контентная фильтрация и гибридные методы. Идея коллаборативной

фильтрации заключается в выявлении схожести в поведении пользователей для генерации рекомендаций [4]. Как отмечается в источнике, анализ профилей и заказов позволяет системе определять пользователей с похожими предпочтениями, а затем прогнозировать их будущие оценки на основе уже имеющихся данных. Существует два основных подхода к реализации коллаборативной фильтрации:

User-based (на основе пользователей): рекомендации формируются исходя из сходства предпочтений между разными пользователями.

Item-based (на основе предметов): система анализирует похожесть объектов (например, товаров в корзине) и рекомендует элементы, которые были высоко оценены в прошлом другими пользователями с аналогичными покупками.

Для вычисления схожести используются статистические методы, такие как коэффициент корреляции Пирсона и косинусное сходство между векторами рейтингов. Эти методы нормализованы, то есть их значения лежат в диапазоне [0,1], что позволяет объективно оценивать степень сходства между пользователями или объектами. В item-based подходе рекомендуется уточненный косинусный метод, при котором из рейтингов вычитаются средние оценки пользователей, минимизируя влияние индивидуальных особенностей оценки. Контентная фильтрация, в свою очередь, основывается на анализе характеристик самих объектов и предпочтений пользователя [1-7]. В отличие от коллаборативной фильтрации, которая строится на поведении других пользователей, данный метод изучает содержимое контента, сопоставляя его с интересами пользователя. Алгоритм контентной фильтрации использует такие данные, как: текстовое описание товаров или услуг, категории и метаданные, характеристики изображений или аудио. Несмотря на преимущества, контентная фильтрация сталкивается с рядом сложностей. Проблема «холодного старта» - требуется история взаимодействий пользователя для точных рекомендаций. Ограниченность рекомендаций - система может предлагать только объекты, похожие на ранее просмотренные. Сложность анализа мультимедийного контента - обработка изображений и видео требует дополнительных вычислительных ресурсов. Гибридные рекомендательные системы объединяют принципы коллаборативной и контентной фильтрации, компенсируя недостатки каждого метода. Они позволяют улучшить точность рекомендаций и решить проблему «холодного старта» [1-7],

характерную для отдельных методов. Гибридная фильтрация может быть реализована различными способами. Комбинирование методов, при котором система одновременно анализирует поведение пользователей (коллаборативная фильтрация) и характеристики контента (контентная фильтрация), а затем объединяет результаты. Каскадный метод - еще один алгоритм, который сначала формирует рекомендации, а затем уточняет их. При весовом методе каждой функции присваивается определенный вес, и итоговые рекомендации рассчитываются с учетом их вклада. Коллаборативная, контентная и гибридная фильтрация в основе своей используют методы машинного обучения и статистические подходы. Эти алгоритмы позволяют выявлять закономерности в данных, прогнозировать предпочтения пользователей и повышать точность рекомендаций.

Нейронные сети. Нейронная сеть - компьютерная программа, которая работает по принципу естественной нейронной сети в мозгу. Задача таких искусственных нейронных сетей - выполнять такие когнитивные функции, как решение проблем и машинное обучение. Входной слой искусственных нейронов получает информацию из окружающей среды, а выходной слой передает ответ; между этими уровнями может находиться один или несколько «скрытых» слоев (без прямого контакта с окружающей средой), где происходит большая часть обработки информации. Выход нейронной сети зависит от веса связей между нейронами в разных слоях. Каждый вес указывает на относительную важность определенного соединения. Если сумма всех взвешенных входных сигналов, полученных конкретным нейроном, превышает определенное пороговое значение, нейрон отправит сигнал каждому нейрону, к которому он подключен в следующем слое. Например, при обработке заявок на получение ссуды входные данные могут представлять данные профиля соискателя ссуды и выходные данные о том, предоставлять ли ссуду [5]. Нейронные сети представляют собой вычислительные модели, которые могут быть эффективно применены для предсказания спроса, оценки тенденций рынка и анализа клиентского поведения. Среди различных архитектур глубокого обучения, используемых в электронной коммерции, особую роль играют рекуррентные нейронные сети (RNN), сверточные нейронные сети (CNN) и трансформеры [1-7]. Рекуррентные нейронные сети (RNN) особенно полезны для обработки временных рядов, таких как последовательность покупок или изменения предпочтений пользователей во времени. Такие модели, как

Long Short-Term Memory (LSTM) и Gated Recurrent Units (GRU), позволяют учитывать длительные зависимости в данных, что важно при анализе исторического поведения клиентов. Например, анализ изменения частоты покупок определенного товара с помощью LSTM позволяет прогнозировать будущий спрос и адаптировать маркетинговые стратегии. Кроме того, LSTM применяется для выявления латентных паттернов в пользовательских данных, что способствует более точному определению целевой аудитории и персонализации предложений [6]. Сверточные нейронные сети (CNN) традиционно применяются в обработке изображений, но также находят применение в анализе текстовых и числовых данных, связанных с электронной коммерцией. Обученная CNN-модель может классифицировать товары по популярности или определять, какие характеристики продукции наиболее важны для пользователей. Кроме того, CNN могут применяться для анализа визуального контента, например, изображений товаров, чтобы оценить их привлекательность для потребителей [7]. Трансформеры являются одной из наиболее современных архитектур глубокого обучения и находят применение в анализе текстовых и числовых данных. Например, модели на основе трансформеров, такие как BERT (Bidirectional encoder representations from transformers) и GPT (Generative pre-trained transformer), могут анализировать текстовые данные из социальных сетей, отзывов и запросов пользователей, позволяя выявлять изменения в потребительских предпочтениях.

Заключение. Прогнозирование предпочтений в электронной коммерции играет важную роль в повышении конкурентоспособности компаний, улучшении клиентского опыта и оптимизации бизнес-процессов. В данной работе был проведен детальный анализ различных методов прогнозирования, включая традиционные статистические подходы и современные методы глубокого обучения. Рассмотренные в статье модели, такие как рекуррентные нейронные сети (RNN) и сверточные нейронные сети (CNN) продемонстрировали значительный потенциал в анализе больших объемов данных и выявлении скрытых закономерностей в потребительском поведении. Ключевым аспектом оценки качества прогнозных моделей является использование метрик Precision, Recall, F1-score и RMSE, позволяющих объективно измерять точность предсказаний. Кроме того, важно учитывать интерпретируемость моделей, так как прозрачность решений машинного обучения является критически важной для бизнеса.

Современные методы, такие как SHAP и LIME, позволяют повысить доверие к прогнозным моделям и сделать их результаты более понятными для конечных пользователей. Несмотря на успехи глубокого обучения в прогнозировании предпочтений, остаются нерешенные вызовы. В перспективе развитие гибридных моделей, объединяющих традиционные и современные методы, а также интеграция с новыми технологиями, такими как графовые нейронные сети и генеративные модели, могут значительно повысить точность и адаптивность прогнозирования. Дальнейшие исследования в данной области будут способствовать созданию более эффективных, прозрачных и масштабируемых систем прогнозирования предпочтений, способных адаптироваться к динамическим изменениям рынка и ожиданиям пользователей.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ntumba, C., Aguayo, S., & Maina, K. Revolutionizing retail: a mini review of ecommerce evolution. Journal of Digital Marketing and Communication, 3(2), 100-110. -2023.

2 Vlačić, B., Corbo, L., e Silva, S.C., Dabić, M. The evolving role of artificial intelligence in marketing: A review and research agenda. Journal of Business Research, 128, 187-203. -2021.

3 Микуленя И. В., Белов Ю.С. Коллаборативная фильтрация. В мире науки и инноваций. – 2017.

4 Johnson, K.B., Wei, W.Q., Weeraratne, D., Frisse, M.E., Misulis, K., Rhee, K., Zhao, J., Snowdon, J.L. Precision medicine, AI, and the future of personalized health care. Clinical and translational science, 14(1), 86-93. – 2021.

5 Ксенофонтов, В. В. Нейронные сети. Проблемы науки, (11), 59. – 2020.

6 Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. “Long short-term memory.” Neural computation, 9(8), 1735-1780. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735. – 1997.

7 Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Polosukhin, I. “Attention is all you need.” Advances in neural information processing systems, 30. – 2017.

ПРОДВИЖЕНИЕ ЭКО-БРЕНДОВ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕРАЦИИ РЕКЛАМНЫХ ФОТО И ВИДЕО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

БЕКЕТ Ш. М.
ст. преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар
МУКАНОВА Н. У.
преподаватель, школа имени А. Байтұрсынұлы, г. Павлодар

Искусственный интеллект (AI) активно трансформирует рекламный рынок, предоставляя инновационные инструменты для генерации визуального контента. В данной статье рассматриваются методы и технологии AI, используемые для создания рекламных фото и видео в сфере эко-маркетинга. Анализируются преимущества AI-генерации контента, такие как снижение углеродного следа производства, персонализация и оптимизация креативных стратегий. Представлены примеры успешного использования AI в продвижении экологически чистых товаров и услуг.

Современный цифровой маркетинг все чаще использует технологии искусственного интеллекта для оптимизации рекламных кампаний. Эко-бренды, продвигающие устойчивое развитие и экологически чистые продукты, сталкиваются с необходимостью эффективного визуального представления своих ценностей [1]. Использование AI для генерации рекламного контента позволяет не только снизить издержки, но и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, исключая необходимость традиционных фотосессий и видеосъемок.

Эко-бренды стали значимыми игроками на мировом рынке, отражая растущий потребительский спрос на продукцию, в которой приоритетом является устойчивое развитие и забота об окружающей среде. Эти бренды характеризуются своей приверженностью к снижению воздействия на окружающую среду, продвижению устойчивых практик и созданию товаров, соответствующих ценностям экологически сознательных потребителей. Важность эко-брендов в современном мире невозможно недооценить, поскольку они способствуют решению таких актуальных экологических проблем, как изменение климата, истощение ресурсов и загрязнение окружающей среды. Экобренды успешно используют инновационные маркетинговые стратегии и технологии, чтобы изменить способ взаимодействия потребителей с экологичными продуктами, тем самым способствуя более

глубокой связи между брендами и их аудиторией [2]. Этот сдвиг в поведении потребителей также обусловлен растущей доступностью экологичных альтернатив, которые сегодня стали мейнстримом в самых разных секторах - от моды до производства продуктов питания.

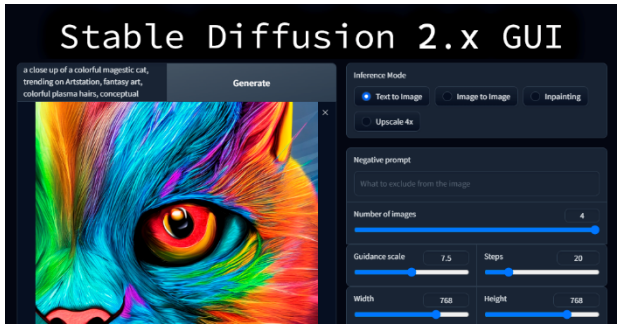


Рисунок 1 – Stable Diffusion GUI

Рост популярности эко-брендов совпал с развитием искусственного интеллекта (ИИ), в частности AI Stable Diffusion - передовой технологии, способной генерировать высококачественные рекламные материалы. AI Stable Diffusion, передовая генеративная модель, позволяет маркетологам создавать визуальные образы, которые не только реалистичны и увлекательны, но и соответствуют уникальной идентичности и ценностям экобрендов. Эта технология предоставляет эко-брендам беспрецедентную возможность улучшить свои сообщения и сделать свои предложения более привлекательными для потребителей. В эпоху после пандемии произошли значительные изменения в динамике маркетинга: внешние факторы и технологические инновации, такие как искусственный интеллект, изменили традиционные подходы [3]. Стабильная диффузия выступает в этом контексте как инструмент трансформации, позволяющий маркетологам преодолеть разрыв между устойчивостью и привлекательностью для потребителей.

В данной работе утверждается, что ИИ Stable Diffusion предлагает преобразующий потенциал в маркетинге экобрендов, повышая визуальную привлекательность, согласовывая рекламные средства с устойчивыми сообщениями и решая такие проблемы, как этические соображения и творческие ограничения. Для подтверждения этого тезиса статья построена следующим образом:

исследование технологии Stable Diffusion и ее возможностей, ее применения в маркетинге экобрендов, реальные примеры, иллюстрирующие успешные внедрения, анализ преимуществ и проблем, а также обсуждение будущих перспектив этой технологии в продвижении устойчивости. Этот комплексный подход призван продемонстрировать, как ИИ Stable Diffusion может произвести революцию в сфере маркетинга эко-брендов, а также дать представление о его более широких последствиях для бизнеса, ориентированного на устойчивое развитие [4].

Успех эко-брендов объясняется несколькими факторами, включая повышение осведомленности потребителей, доступность экологичных альтернатив и влияние глобальных движений, выступающих за сохранение окружающей среды. Что созревание экологических парадигм стимулировало рост специального рынка экопродуктов, создавая новые возможности для предприятий, удовлетворяющих развивающиеся запросы сознательных потребителей. Этот рост еще более ускорился благодаря развитию искусственного интеллекта и других цифровых технологий, которые повысили способность экобрендов эффективно доносить свои ценности и дифференцировать себя на конкурентных рынках.

AI Stable Diffusion – это новаторская разработка в области генеративных медиа, позволяющая маркетологам создавать убедительные и легко настраиваемые визуальные образы. Эта технология основана на продвинутых нейронных сетях и генеративных моделях, которые используют алгоритмы для создания реалистичных изображений, видео и других форм цифровых медиа. ИИ стал неотъемлемой частью современной жизни, предлагая как возможности, так и проблемы в различных сферах, включая маркетинг [5]. Стабильная диффузия - особенно мощный инструмент для эко-брендов, поскольку позволяет им наглядно продемонстрировать свою приверженность принципам устойчивого развития, одновременно ориентируясь на эстетические предпочтения своей аудитории.

Главный аргумент данной статьи заключается в том, что технология AI Stable Diffusion способна произвести революцию в маркетинге экобрендов за счет повышения визуальной привлекательности, согласования рекламных носителей с устойчивыми сообщениями и решения ключевых проблем. Трансформирующее воздействие этой технологии заключается в ее способности создавать контент, который не только привлекает

аудиторию, но и достоверно представляет ценности экобрендов. Применение алгоритмов ИИ может способствовать достижению целей устойчивого развития, способствуя созданию стабильных агроэкосистем и продвижению ответственной практики [6].

AI Stable Diffusion – это современная генеративная модель, использующая алгоритмы глубокого обучения для создания высокодетализированных и визуально привлекательных изображений и видео. Основанная на принципах диффузионных процессов, эта технология работает путем обращения вспять процесса, вызванного шумом, для создания последовательных визуальных результатов из случайных входных данных. По сути, Stable Diffusion берет абстрактные данные и уточняет их с помощью итеративных шагов для создания отшлифованных медиа. Этот процесс имитирует постепенное превращение грубого наброска в шедевр, в результате чего получаются результаты, которые могут соперничать с теми, что создают люди-художники.

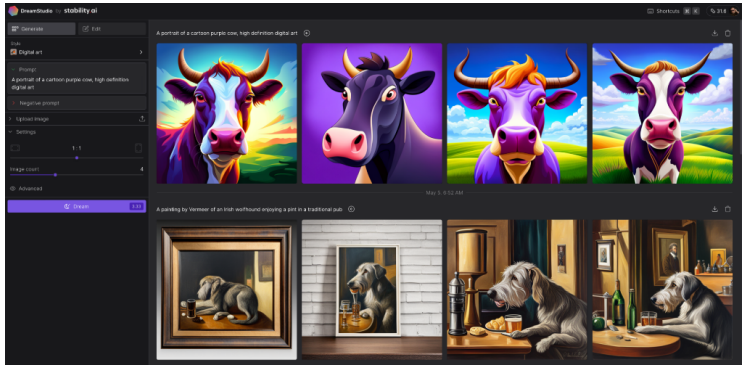


Рисунок 2 – Stable Diffusion Интерфейс для генерация фото и видео

Основная роль ИИ Stable Diffusion в создании медиа – преодоление разрыва между воображением и реальностью. В отличие от традиционных методов дизайна, которые часто требуют много времени и ресурсов, Stable Diffusion может быстро создавать разнообразные и настраиваемые визуальные эффекты. Для эко-брендов эта возможность особенно ценна [7]. Инновации в стратегиях брендинга необходимы для сохранения конкурентоспособности на динамичном рынке. ИИ Stable Diffusion позволяет экобрендам создавать уникальные высококачественные визуальные образы,

которые резонируют с темами устойчивого развития, тем самым повышая их привлекательность для экологически сознательных потребителей.

Кроме того, Stable Diffusion не ограничивается статичными изображениями. Его адаптивность распространяется и на создание видео, позволяя брендам создавать динамичный, захватывающий контент. Такая универсальность крайне важна для эко-брендов, стремящихся рассказать убедительные истории о своих экологических идеях.

Способность AI Stable Diffusion создавать гиперреалистичные изображения со сложными деталями позволяет маркетологам демонстрировать экопродукты таким образом, чтобы подчеркнуть их уникальные особенности. Например, многоразовая бутылка для воды может быть представлена в безмятежной природной обстановке, в окружении пышной зелени, чтобы вызвать чувство гармонии с окружающей средой. Аналогично, гаджет, работающий на солнечных батареях, можно изобразить на фоне лучистого солнечного света, подчеркивая его связь с возобновляемыми источниками энергии [8]. Диффузия инноваций в стратегиях брендинга доказала, что улучшает восприятие потребителей, и интеграция технологий ИИ, таких как Stable Diffusion, является свидетельством этого развивающегося подхода.

Более того, возможности настройки Stable Diffusion делают его мощным инструментом для адаптации визуальных образов к конкретным целевым аудиториям. Например, молодые потребители, для которых на первом месте стоит эстетика, могут лучше реагировать на гладкий, современный дизайн, в то время как представители старшего поколения могут оценить визуальные эффекты, подчеркивающие практичность и экологические преимущества [9]. Используя искусственный интеллект, эко-бренды могут создавать визуальные образы, которые резонируют с различными сегментами потребителей, что в конечном итоге способствует вовлечению и увеличению продаж.

Одним из основных принципов эко-брендов является их приверженность принципам устойчивого развития. Эта приверженность должна быть отражена не только в продукции, но и в рекламных материалах.

Использование технологии AI Stable Diffusion в маркетинге эко-брендов представляет собой новый подход к усилению сообщений, ориентированных на устойчивое развитие. Используя визуальные

эффекты, генерируемые искусственным интеллектом, экобренды могут создавать привлекательные кампании, которые вызывают глубокий резонанс у экологически сознательных потребителей. В этом разделе мы рассмотрим реальные примеры, чтобы изучить, как ИИ Stable Diffusion успешно применяется для продвижения эко-брендов, проанализируем использованные стратегии и извлечем ценные уроки, которые могут послужить руководством к действию в будущем.

Эко-бренды все чаще используют технологии искусственного интеллекта, в частности AI Stable Diffusion, для создания высококачественных рекламных носителей. Одним из ярких примеров является GreenLeaf Apparel, бренд экологичной одежды, который использовал Stable Diffusion для создания серии цифровых рекламных роликов, демонстрирующих их экологичную линию одежды. Визуальные образы, созданные искусственным интеллектом, содержат яркие изображения природных ландшафтов, таких как пышные леса и безмятежные виды океана, органично вписывая свою продукцию в эту обстановку [10]. Подчеркивая темы природы и гармонии, кампания успешно передала приверженность бренда к устойчивому развитию.



Рисунок 3 – Stable Diffusion созданная фото

Успех этих кампаний был во многом обусловлен стратегическим использованием AI Stable Diffusion для подчеркивания экологичности. Для GreenLeaf Apparel включение природных образов было намеренным, поскольку оно было направлено на согласование визуальных образов бренда с его экологической миссией. Способность ИИ генерировать настраиваемый контент позволила команде маркетологов экспериментировать с различными темами, такими как биоразнообразие и сохранение окружающей среды, пока они не достигли желаемой эстетики.

Компания EcoTech Solutions использовала аналогичный подход, но сосредоточилась на просвещении потребителей о возобновляемых источниках энергии. Используя масштабируемость Stable Diffusion, компания создала несколько вариантов рекламных видеороликов, предназначенных для разных демографических групп. Например, одна версия была ориентирована на городских миллениалов, демонстрируя солнечные панели на гладких современных крышах, а другая – на сельские общины, изображая панели в сельскохозяйственных районах. Эта стратегия не только расширила сферу влияния EcoTech, но и укрепила их стремление сделать «зеленую» энергию доступной для всех.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ali, B., & Dahlhaus, P. Roles of selective agriculture practices in sustainable agricultural performance: A systematic review. Sustainability, 14(6), 3185. -2022.

2 Arinaitwe, A., Aikiriza, F. A., Kakooza, J. B., & Bagire, V. Sustainable energy consumption in African higher institutions of learning: the nexus of top management commitment and institutional pressures. IIMBG Journal of Sustainable Business and Innovation. -2024.

3 Chkanikova, O. Sustainable purchasing in food retailing: interorganizational relationship management to green product supply. Business Strategy and the Environment, 25(7), 478-494. -2016.

4 Galleli, B., & Amaral, L. Bridging Institutional Theory and Social and Environmental Efforts in Management: A Review and Research Agenda. Journal of Management, 01492063251322429. -2025.

5 John, A. Effect of Green Supply Chain Management Practices on the performance of manufacturing firms in Kenya. GSJ, 6(8), 669. -2018.

6 Karipidis, P., & Karypidou, S. Factors that impact farmers' organic conversion decisions. Sustainability, 13(9), 4715. -2021.

7 Kulikova, E., & Kondratenko, I. Eco-branding and consumer behavior: innovative marketing strategies in ecology and environmental sciences. In E3S Web of Conferences EDP Sciences. Vol. 541, p. 04005.-2024.

8 Lopez y Royo, A. Sustainable Fashion, Migrants, Embroidery: Ateliers of'Social Integration'. -2024.

9 Policaro, G. A., & Rossi, P. Corporate Social Responsibility Standards in Green Energy Industry: A Comparison between European Union and China. In China and Europe's Partnership for a More Sustainable World: Challenges and Opportunities Emerald Group Publishing Limited. pp. 171-185. -2016.

10 Zhou, Y. Unpacking Platform-Based Digitalization in Industrial Firms: A Dual Case Study. In Exploring Practice-Led Research for Professional Development. IGI Global Scientific Publishing. pp. 437-462.-2025.

БІЛІМ АЛУШЫЛАРДЫҢ ОҚУҒА ТАРТЫЛУЫН АРТТЫРУДА ГЕЙМИФИКАЦИЯ ТӘСІЛІН ҚОЛДАНУ НЕГІЗІНДЕ ИНТЕРАКТИВТІ ОЙЫНДЫҚ БІЛІМ БЕРУ ОРТАСЫН ӘЗІРЛЕУ

БЕКЕТАЙУЛЫ Д.
магистрант, С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қ.
КАРМЕНОВА М. А.
научный руководитель, PhD, ассоциированный профессор, С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қ.

Қазіргі білім беру жүйесінде цифрлық технологиялардың қарқынды дамуы оқыту процесінің мазмұны мен құрылымына елеулі өзгерістер енгізуде. Осы жағдайда білім алушылардың оқу процесіне белсенді қатысуын қамтамасыз ету және олардың оқу мотивациясын арттыру педагогиканың маңызды міндеттерінің бірі болып табылады. Соңғы жылдары бұл мәселені шешудің тиімді тәсілдерінің бірі ретінде геймификация әдісі кеңінен қолданылуда. Геймификация – ойын элементтерін ойыннан тыс ортада қолдану арқылы білім алушылардың қызығушылығын, белсенділігін және мотивациясын арттыруға бағытталған әдіс [5, б. 1].

Бұл мақалада білім алушылардың оқу процесіне тартылуын арттыру мақсатында геймификация тәсілі негізінде әзірленген

интерактивті ойындық білім беру ортасы қарастырылады. Android платформасында жасалған мобильді қосымша білім алушылардың білімін тексеруге, теориялық материалдарды меңгеруге және ойын форматында тапсырмалар орындауға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері геймификацияланған оқыту тәсілі білім алушылардың оқу мотивациясын, сабаққа қатысуын және жалпы оқу белсенділігін арттыратынын көрсетті.

Қазіргі білім беру жүйесінде білім алушылардың оқу процесіне қызығушылығын арттыру және олардың оқу белсенділігін күшейту маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Ақпараттық технологиялардың дамуы білім беру процесіне жаңа мүмкіндіктер енгізіп, оқытудың интерактивті әдістерін қолдануға жол ашты. Дәстүрлі оқыту әдістері көбінесе білімді жеткізуге бағытталған болса, қазіргі білім беру жүйесі білім алушының белсенді танымдық әрекетіне негізделеді. Сондықтан оқу процесінде білім алушылардың қызығушылығын арттыратын жаңа педагогикалық тәсілдерді қолдану қажет. Осы тұрғыда геймификация әдісі білім беру процесін қызықты әрі тартымды етуге мүмкіндік береді. Геймификация ойын элементтерін оқу процесіне енгізу арқылы білім алушылардың мотивациясын арттыруға бағытталған педагогикалық тәсіл болып табылады [7, б. 6].

Зерттеудің мақсаты – геймификация тәсілін қолдану негізінде интерактивті ойындық білім беру ортасын әзірлеу және оның білім алушылардың оқу белсенділігіне әсерін анықтау.

Геймификация ұғымы алғаш рет Nick Pelling тарапынан ұсынылған және кейіннен білім беру саласында кеңінен қолданыла бастады. Deterding және оның әріптестері геймификацияны ойын элементтерін ойыннан тыс контексте қолдану ретінде анықтайды [5, б. 1]. Hamari және Koivisto жүргізген зерттеулер геймификация студенттердің оқу мотивациясына және тапсырмаларды орындау белсенділігіне оң әсер ететінін көрсетті [7, б. 6]. Психологиялық тұрғыдан геймификация бірнеше мотивациялық теорияларға негізделеді. Солардың бірі – Self-Determination Theory. Бұл теория адамның үш негізгі психологиялық қажеттілігін анықтайды: автономия, құзыреттілік және әлеуметтік байланыс [9, б. 26]. Сонымен қатар Flow Theory білім алушылардың оқу процесіне толық енуін түсіндіреді. Бұл теорияға сәйкес, адам өз қабілетіне сәйкес келетін күрделіліктегі тапсырмаларды орындау кезінде жоғары мотивация деңгейіне жетеді [4, б. 20]. Chou Y.K. ұсынған Octalysis Framework моделі де геймификация жүйелерін жобалауда маңызды

рөл атқарады. Бұл модель адамның мінез-құлқын қалыптастыратын сегіз негізгі мотивациялық драйверді сипаттайды [3, б. 16].

Интерактивті ойындық білім беру ортасын әзірлеу: Зерттеу барысында білім алушылардың оқу процесіне қызығушылығын арттыру мақсатында арнайы мобильді білім беру қосымшасы әзірленді. Қосымша Android платформасында Kotlin бағдарламалау тілі арқылы жасалды. Жүйе информатика пәні бойынша білім алушылардың білімін тексеруге, теориялық материалдарды меңгеруге және практикалық тапсырмаларды орындауға арналған.

Қосымшаның басты интерфейсі бірнеше негізгі бөлімдерден тұрады: ойын картасы, күнделікті челлендж, қорытынды тест, теория бөлімі, тапсырмаларды сканерлеу, AI аналитика, оқу нәтижелері. Қосымшаның басты интерфейсі сурет 1-де көрсетілген.



Сурет 1 – AI Информатика мобильді қосымшасының басты интерфейсі

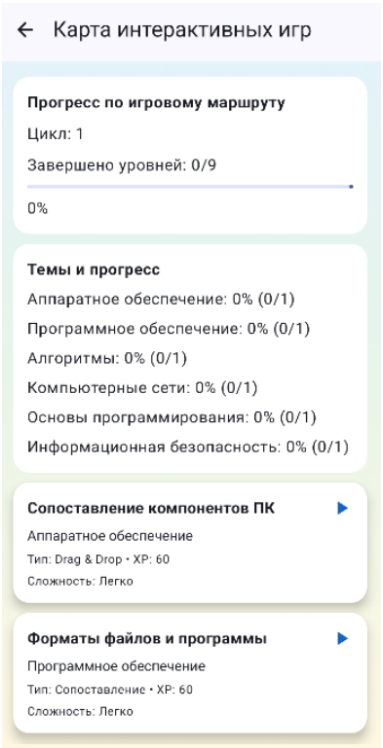
Әзірленген білім беру жүйесі бірнеше функционалдық модульдерден тұрады. Жүйенің негізгі модульдері мен олардың функциялары кесте 1-де көрсетілген.

Кесте 1 – Жүйе модульдерінің сипаттамасы

№	Модуль	Функция
1	Пайдаланушы интерфейсі	қосымшамен жұмыс жасау
2	Ойын механикасы модулі	ұпай, деңгей, жетістік жүйесі
3	Тест модулі	білімді тексеру
4	AI аналитика	оқу нәтижелерін талдау
5	Деректер базасы	нәтижелерді сақтау

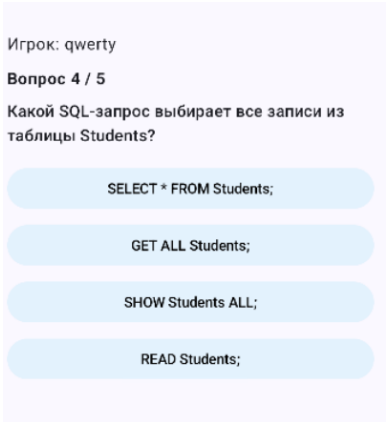
Модульдік архитектура жүйені әрі қарай кеңейтуге және жаңа функционалдық мүмкіндіктерді қосуға мүмкіндік береді.

Әзірленген жүйеде білім алушылардың қызығушылығын арттыру мақсатында келесі ойын элементтері қолданылды: ұпай жүйесі, деңгейлер, рейтинг жүйесі, жетістіктер, прогресс шкаласы, ойын тапсырмалары. Ойын картасы және оқу прогресінің көрінісі сурет 2-де көрсетілген.



Сурет 2 – Интерактивті ойын картасы және оқу прогресінің көрінісі

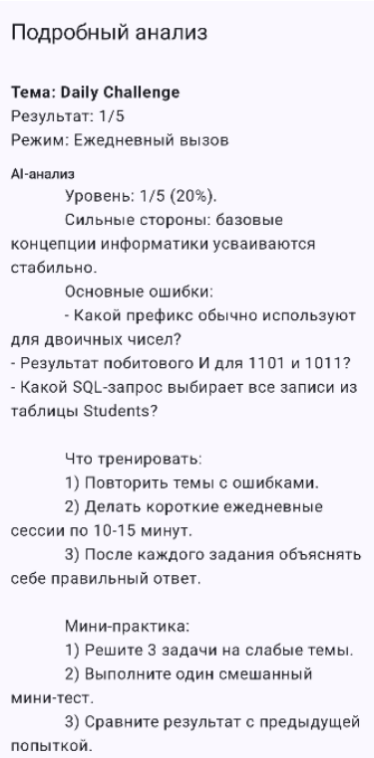
Әзірленген жүйе информатика пәні бойынша сабақтарда қолдануға арналған. Оқытушы қосымшаны келесі мақсаттарда пайдалана алады: жаңа тақырыпты бекіту, тестілеу өткізу, ойын форматында тапсырмалар орындау, білім алушылардың нәтижелерін бақылау. Тест тапсырмасының интерфейсі сурет 3-де көрсетілген.



Сурет 3 – Геймификацияланған тест тапсырмасының интерфейсі

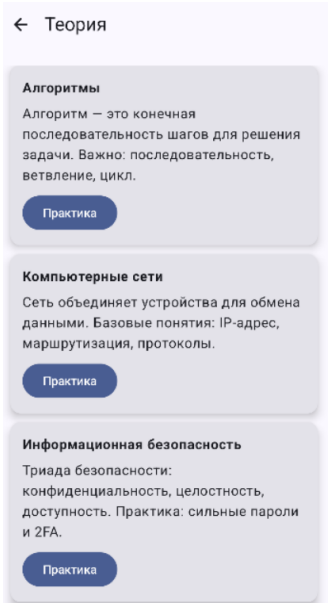
Қосымшада білім алушылардың нәтижелерін автоматты түрде талдайтын AI аналитика модулі енгізілген.

Бұл модуль білім алушының нәтижелерін талдап, оның әлсіз және күшті жақтарын анықтайды. AI-аналитика нәтижелері сурет 4-де көрсетілген.



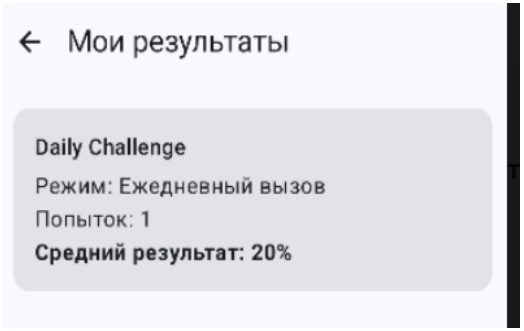
Сурет 4 – Оқушы нәтижелерінің AI-аналитикалық талдауы

Қосымшада информатика пәні бойынша теориялық материалдар енгізілген. Бұл бөлім білім алушыларға негізгі ұғымдарды қайталауға және практикалық тапсырмаларға дайындалуға мүмкіндік береді. Теориялық материалдар модулі сурет 5-де көрсетілген.



Сурет 5 – Теориялық материалдар модулі

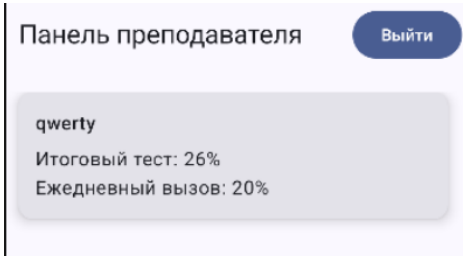
Жүйеде білім алушылардың нәтижелерін сақтау және талдау функциясы қарастырылған. оқу нәтижелерінің көрінісі сурет 6-да көрсетілген.



Сурет 6 – Оқушының оқу нәтижелері

Жүйеде оқытушыларға арналған арнайы басқару панелі қарастырылған. Бұл панель арқылы оқытушы студенттердің

нәтижелерін бақылап, олардың оқу белсенділігін талдай алады. Оқытушы панелі сурет 7-де көрсетілген.



Сурет 7 – Оқытушы панелі және студенттердің нәтижелері

Зерттеу нәтижелері: Педагогикалық эксперимент нәтижесінде геймификация тәсілі білім алушылардың оқу белсенділігін арттыруда тиімді екені анықталды. Оқу көрсеткіштерінің салыстырмалы нәтижелері кесте 2-де көрсетілген.

Кесте 2 – Оқу көрсеткіштерін салыстыру

Көрсеткіш	Дәстүрлі әдіс	Геймификация
Мотивация	48 %	76 %
Сабаққа қатысу	55 %	82 %
Үй тапсырмасын орындау	62 %	85 %
Жалпы белсенділік	50 %	78 %

Зерттеу нәтижелері геймификация тәсілі білім беру процесінде тиімді педагогикалық құрал екенін көрсетті.

Әзірленген интерактивті ойындық білім беру ортасы білім алушылардың оқу мотивациясын арттыруға, олардың белсенділігін күшейтуге және оқу нәтижелерін жақсартуға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Асанова Ж. Б., Мухтарова А. А. Білім берудегі геймификация: мүмкіндіктері мен шектеулері // Қазіргі білім беру технологиялары. – 2021. – №2. – Б. 15–22.

2 Тілегенова М. Ж. Білім алушылардың оқу мотивациясын арттырудағы заманауи әдістер // Білім және ғылым әлемі. – 2023. – №4. – Б. 45–52.

3 Chou Y.-K. Actionable Gamification: Beyond Points, Badges, and Leaderboards. – Fremont, CA: Octalysis Group, 2017. – 514 б.

4 Csikszentmihalyi M., Nakamura J. Flow theory and motivation in education // Handbook of Motivation at School. – New York: Routledge, 2016. – Б. 175–195.

5 Deterding S., Dixon D., Khaled R., Nacke L. From game design elements to gamefulness: defining gamification // Computers in Human Behavior. – 2011. – Т. 26. – Б. 9–15.

6 Domínguez A. Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes // Computers & Education. – 2013. – Т. 63. – Б. 380–392.

7 Hamari J., Koivisto J., Sarsa H. Does Gamification Work? A Literature Review of Empirical Studies on Gamification // Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences. – 2014. – Б. 3025–3034.

8 Keller J. M. ARCS Model of Motivation Revisited // Performance Improvement. – 2016. – Т. 55. – Б. 10–16.

9 Ryan R. M., Deci E. L. Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness. – New York: Guilford Press, 2017. – 756 б.

10 Seaborn K., Fels D. Gamification in theory and action: A survey // International Journal of Human-Computer Studies. – 2015. – Т. 74. – Б. 14–31.

NEURAL NETWORK APPLICATIONS IN KAZAKH-LANGUAGE MEDIA: CHALLENGES OF A LOW-RESOURCE ENVIRONMENT

YERZHAN A. Y.
master's student, Astana IT University, Astana
MURAT A.
senior lecturer, Astana IT University, Astana

The integration of neural network tools into media content management has advanced rapidly in high-resource linguistic environments, yet the majority of the world's languages – including Kazakh – remain structurally underserved by current AI infrastructure. This paper presents a literature-based analysis of the linguistic and computational factors that determine the feasibility of AI-assisted content management in the Kazakh-language media environment. Drawing on peer-reviewed NLP research published between 2018 and 2025, the study identifies four interconnected constraint categories: agglutinative morphological complexity, corpus scarcity and quality limitations, orthographic instability resulting from ongoing script reform, and pervasive code-switching with Russian. Against this background, the paper reviews the current state of neural network development for applicable media tasks – including speech recognition, named entity recognition, and machine translation – and discusses the technological and editorial conditions required for responsible AI integration. The analysis serves as the theoretical foundation for subsequent empirical evaluation of Kazakh-language models in media production workflows.

Neural network tools for content creation, transcription, and distribution are increasingly integral to media workflows globally. However, this integration is concentrated in languages with abundant training data and mature evaluation benchmarks. Languages classified as low-resource – those lacking sufficient annotated corpora and computational tools – cannot benefit from general-purpose AI models without substantial performance degradation.

Kazakh, the state language of the Republic of Kazakhstan, exemplifies this challenge. As an agglutinative Turkic language undergoing active orthographic reform, with widespread Russian-language influence across digital media, it faces a compound set of barriers that prevent straightforward adoption of globally dominant AI tools. At the same time, Kazakhstan's growing digital media sector creates real demand for AI-assisted Kazakh content production. Understanding the precise nature of these barriers is a prerequisite for any responsible deployment strategy.

This paper asks: What linguistic and computational factors constrain AI-assisted content management in the Kazakh media environment, and what task categories remain viable under current conditions? The analysis draws on published NLP research to identify these constraints, review applicable task-level progress, and situate the findings within the broader context of AI in journalism.

Methodology. The study employs a qualitative literature review with thematic analysis. Sources were identified through searches in Scopus, IEEE Xplore, ACL Anthology, arXiv (cs.CL), and Google Scholar, using terms combining Kazakh NLP, low-resource language processing, agglutinative language AI, Turkic NLP, automated journalism, and AI media content. The review covers 2018–2025, with earlier seminal studies included where directly relevant.

Sources were selected if they: (1) reported empirical results on Kazakh NLP tasks; (2) covered low-resource or Turkic language AI with direct applicability to Kazakh; or (3) addressed the technological and editorial conditions of AI-assisted journalism. Thematic coding of selected sources produced four constraint categories and three task-level clusters, which structure the review below.

Literature review and analysis.

Kazakh as a Low-Resource Language: Scope of the Gap. Veitsman and Hartmann provide the most current survey of Turkic Central Asian NLP, classifying Kazakh as the best-resourced language within this group while documenting that it remains significantly below the data and tooling thresholds required for robust LLM deployment [1]. This is confirmed empirically by the KazMMLU benchmark [2] – the first MMLU-style evaluation for Kazakh, comprising 23,000 validated questions – which demonstrates that state-of-the-art multilingual models including GPT-4, Llama-3.1, and Qwen-2.5 show substantial performance gaps in Kazakh compared to their English results. For media applications where factual accuracy and linguistic correctness are non-negotiable, this gap has direct operational consequences.

Agglutinative Morphology and the Vocabulary Problem. Kazakh encodes grammatical meaning through suffix chains attached to root morphemes, producing potentially hundreds of surface forms from a single root. This vocabulary explosion problem causes standard word-level tokenization to produce sparse, unreliable embeddings – the foundation of most pretrained language models. Mansurova and Rakhimova compare LSTM, GRU, and transformer architectures on Kazakh morphological analysis, finding that RNN-based models frequently outperform transformers on suffix-dependent tasks due to their sequential inductive bias, while transformers require substantial domain-specific fine-tuning to achieve comparable results [3]. Subword tokenization, applied by Myrzakhmetov and Kozhirbayev [4], partially mitigates the issue by segmenting words into smaller units, but boundary decisions without language-specific knowledge remain a source of systematic error. Tolegen et al. demonstrate specifically for Kazakh NER that augmenting neural architectures with root and entity-tag embeddings is necessary to achieve generalizable performance on morphologically complex input [5].

Corpus Scarcity and Data Quality. While KazParC [6] – 371,902 parallel sentence pairs across Kazakh, Russian, English, and Turkish – marks a significant advance in Kazakh corpus availability, the

dataset covers a restricted domain range, and journalistic registers remain underrepresented in all publicly available Kazakh corpora. A compounding problem concerns quality: web-scraped Kazakh text contains substantial amounts of grammatically non-standard usage, calques, and code-mixed content. Aitim and Satybaldiyeva [7] document this tension in their systematic review of Kazakh processing tools: models trained on realistic internet text absorb existing error patterns, producing outputs that conflict with the normative standards media organizations are expected to maintain. This is not a problem resolvable by scale alone – it requires deliberate corpus curation policy.

Orthographic Instability. Kazakhstan's ongoing Cyrillic-to-Latin script reform, initiated in 2017 and institutionally incomplete as of 2025, introduces a practical barrier independent of model architecture. Zhetkenbay et al. demonstrate that existing NLP tools built on Cyrillic misrepresent Kazakh phonological features – vowel harmony, consonant assimilation – in ways that produce systematic morphological errors; their Latin-script morphological rule system achieves 91.5% accuracy on noun inflection, but only on a curated 1,000-noun dataset [8]. Inconsistency between different versions of the proposed Latin standard across publications and digital platforms means that text normalization, ASR, and content generation tools must contend with mixed-script input that no uniformly trained model handles reliably.

Code-Switching with Russian. Contemporary Kazakh digital media – particularly social media, online news commentary, and broadcast speech – is characterized by pervasive code-switching with Russian. Borisov, Kozhirbayev, and Malykh constructed the first Kazakh-Russian code-switching corpus from social media and demonstrated that monolingual Kazakh models fail substantially on this input [9]. For media AI, this creates a structural dilemma: models trained on formal Kazakh underperform on the informal registers most common in digital production; models trained on informal text risk normalizing mixed-register usage as standard. This tension cannot be resolved through technical optimization alone – it requires editorial policy decisions about which linguistic norm AI outputs are evaluated against.

Current state of task-level AI for kazakh media. Despite these constraints, meaningful NLP progress has been achieved in several task categories directly applicable to media workflows.

Speech recognition. Mamyrbayev et al. developed DNN-based ASR for Kazakh using the Kaldi toolkit, achieving a word error rate of 0.56 on a 76-hour corpus – a substantial improvement over rule-based systems

[10]. At current accuracy levels, ASR is viable as an assisted transcription tool requiring human correction, but not for autonomous publication.

Named entity recognition. Yeshpanov, Khassanov, and Varol [11] developed KazNERD – 112,702 annotated sentences from Kazakh television news – on which the best neural model achieves an F1 of 97.22%. NER is the most technically mature application for structured media tasks such as content tagging and archive search, though performance may degrade outside formal news registers.

Machine translation. The Tilmash model trained on KazParC achieves BLEU scores competitive with Google Translate on standard test sets. However, post-editing research [12] shows that even fine-tuned LLMs produce only incremental improvements (mean quality 0.84 vs. 0.80 baseline) on journalistic text, with morphological-lexical handling identified as the primary remaining challenge.

Text generation. No peer-reviewed benchmark for Kazakh LLM performance on specifically journalistic generation tasks – factual accuracy, narrative coherence, editorial register – exists as of 2025. Dedicated Kazakhstani language models have emerged from research and policy institutions, representing important milestones; their evaluation against media-specific criteria remains the primary gap to be addressed by subsequent empirical research.

The literature presents a consistent pattern: Kazakh-language AI has advanced from near-absence to task-specific functionality, but a verifiable gap remains between current performance and the standards required for responsible autonomous use in media. Each constraint category identified in this review – morphological complexity, corpus quality, orthographic instability, code-switching – has received independent research attention, and progress on each has been made. However, the constraints are interdependent: resolving one without the others yields only partial improvement, and currently no single model development effort has addressed them in combination within a media production context.

This finding supports a task-differentiated integration strategy. ASR-assisted transcription and NER-based content tagging represent the highest-readiness scenarios; machine translation is viable as an assisted workflow under human post-editing; text generation requires the most stringent editorial oversight and the most urgent need for media-specific benchmarking. The principle of human-in-the-loop oversight – documented as standard practice even in well-resourced multilingual newsrooms – applies with particular force in the Kazakh context, where

the benchmark deficit means AI output quality cannot currently be independently verified against editorial standards.

This study has several limitations that should be acknowledged. First, the analysis is based exclusively on published academic literature and does not include primary empirical data; consequently, the conclusions reflect the current state of documented research rather than direct experimental evaluation of model performance in media contexts. Second, the reviewed literature exhibits a concentration on specific NLP sub-tasks – ASR, NER, and machine translation – while tasks more central to editorial workflows, such as text summarization and headline generation in Kazakh, remain empirically understudied, limiting the scope of task-level conclusions. Third, the Kazakh NLP research landscape is evolving rapidly, and newly released models or datasets published after the review period (post-2025) may partially address the gaps identified here. Finally, the generalizability of findings to other low-resource languages, while plausible given typological similarities within the Turkic family, is not directly tested in this study and should be the subject of comparative future research.

Kazakh presents a well-defined and practically significant case for understanding the conditions of AI integration in low-resource media environments. The four structural constraints identified in this review collectively define the current boundaries of viable AI application in Kazakh media production. Within those boundaries, ASR and NER represent deployable tools under human supervision; text generation remains an area requiring empirical validation before responsible media use. The primary research gap – the absence of systematic evaluation of Kazakh AI models against journalistic quality criteria – constitutes the direct motivation for subsequent empirical work in this research project, in which available models will be evaluated across summarization, error correction, and headline generation tasks using a structured Kazakh media corpus.

REFERENCES

1 Veitsman Y., Hartmann M. Recent advancements and challenges of Turkic Central Asian language processing // Proceedings of LoResLM, ACL. – 2025. – P. 309–324. – URL: https://aclanthology.org/2025.loreslm-1.25/.

2 Togmanov M. et al. KazMMLU: evaluating language models on Kazakh, Russian, and regional knowledge of Kazakhstan // Proceedings

of ACL 2025. – 2025. – arXiv:2502.12829. – DOI: 10.48550/arXiv.2502.12829.

3 Mansurova M., Rakhimova D. Morphological parsing of Kazakh texts with deep learning approaches // Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science. – 2024. – Vol. 124, № 4. – P. 48–58. – DOI: 10.26577/JMMCS2024-v124-i4-a4.

4 Myrzakhmetov B., Kozhirbayev Z. Extended language modeling experiments for Kazakh // TAL-2. – 2018. – P. 43.

5 Tolegen G., Toleu A., Mamyrbayev O., Mussabayev R. Neural named entity recognition for Kazakh. – 2020. – arXiv:2007.13626. – DOI: 10.48550/arXiv.2007.13626.

6 Yeshpanov R., Polonskaya A., Varol H. A. KazParC: Kazakh parallel corpus for machine translation // Proceedings of LREC-COLING 2024. – 2024. – P. 9633–9644. – DOI: 10.48550/arXiv.2403.19399.

7 Aitim A., Satybaldiyeva R. A systematic review of existing tools for automated processing systems for Kazakh language // Bulletin of Abai KazNPU. Series of Physical and Mathematical Sciences. – 2024. – Vol. 87, № 3. – P. 106–122. – DOI: 10.51889/2959-5894.2024.87.3.009.

8 Zhetkenbay L. et al. Formalization of morphological rules for Kazakh nouns in the new Latin alphabet // Journal of Applied Data Science. – 2025. – Vol. 6, № 3. – P. 1999–2019. – DOI: 10.47738/jads.v6i3.820.

9 Borisov M., Kozhirbayev Z., Malykh V. Low-resource machine translation for code-switched Kazakh-Russian language pair // Proceedings of NAACL 2025 Student Research Workshop. – 2025. – P. 67–76. – DOI: 10.48550/arXiv.2503.20007.

10 Mamyrbayev O. et al. Automatic Kazakh speech recognition with DNN // Bulletin of KBTU. – 2021. – Vol. 18, № 4. – DOI: 10.37943/AITU.2021.99.11.007.

11 Yeshpanov R., Khassanov Y., Varol H. A. KazNERD: Kazakh named entity recognition dataset // Proceedings of LREC 2022. – 2022. – P. 417–426. – URL: https://aclanthology.org/2022.lrec-1.44.

12 Rakhimova D., Zhiger A., Mansurova M., Malykh V., Kairanbay M. Improving post-editing of Kazakh translations with fine-tuned large language models // International Journal of Innovative Research and Scientific Studies. – 2025. – Vol. 8, № 8. – P. 220–233.

ВОЗМОЖНОСТИ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

ЖАКУПОВ К. Т.
магистрант, НАО «Торайгыров университет», г. Павлодар
ТОКЖИГИТОВА Н. К.
профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Развитие цифровых технологий сильно влияет на учебу. Сейчас меняются не только способы подачи материала, но и то, как обучающийся взаимодействует с учебной системой. Можно наблюдать, как исскусственный интеллект иногда берёт на себя роль умного посредника в процессе обучения. В отличие от традиционных методов, которые ориентированы на среднего ученика, цифровые технологии позволяют учитывать, как каждый воспринимает информацию, какой темп работы у него и насколько он подготовлен. Это делает обучение гибким и подстраивается под конкретного пользователя [1, с. 15].

Математика – это всё ещё одна из главных базовых дисциплин. Она формирует аналитическое мышление и также учит решать задачи. Однако на практике можно наблюдать, что обычные методы не всегда дают нужного понимания материала, особенно если учитывать, что обучающиеся подготовлены по-разному. В аудитории, это более заметно: одни обучающиеся усваивают материал быстро, другие сталкиваются с трудностями и могут отставать. Преподавателю сложно подстраиваться под всех.

В связи с этим всё большее распространение получают мобильные приложений с искусственным интеллектом, такие как Microsoft Math Solver и другие. Эти приложения предоставляют объяснения и подают материал гибко. Они компенсирует указанные ограничения за счет автоматизации объяснения. Приложения позволяет пользователям фотографировать помимо обычной, также и рукописную запись, и предоставляют подробные пошаговые решения. Причём важно не только то, что пользователь получает ответ, а возможность проследить каждый шаг и процесс решения, и это в свою очередь помогает лучше понять материал.

Современные системы также запоминают, что делает пользователь, фиксируют повторяющиеся ошибки и на их основе предлагают задания или подсказки. Так появляется индивидуальная, хоть и упрощенная, траектория обучения. Индивидуальное обучение помогает

обучающимся быть более вовлечёнными и получать лучшие результаты [2, с. 10].

Если рассматривать структуру приложений, то можно выделить несколько ключевых этапов обработки данных. Сначала пользователь вводит задачу, обычно через камеру. Затем приложение распознаёт символы, используя компьютерное зрение. После распознавания приложение восстанавливает структуру выражения. Затем приложение решает задачу, применяя системы компьютерной алгебры. Для распознавания приложение использует сверточные нейронные сети. Итогом является генерация решения и его отображение в понятной форме. В обобщённом виде такая архитектура представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Архитектура мобильного ИИ приложения для изучения математики

Одной из ключевых технологий здесь выступает компьютерное зрение. Распознавание математических выражений – задача не самая простая, поскольку формулы имеют двумерную структуру: элементы могут располагаться не только последовательно, но и, например, над или под строкой. Для решения этой задачи используются сверточные нейронные сети, которые позволяют выделять характерные признаки изображения. В основе их работы лежит операция свертки, которую можно записать следующим образом:

$$(I * K)(x,y) = \Sigma\,\Sigma\, I(x+i, y+j)\, K(i,j)$$

Формула 1 – Операция свёртки изображения

где I – исходное изображение, а K – ядро свертки. Эта операция позволяет «просканировать» изображение и выделить важные элементы, что особенно важно при распознавании символов [3, с. 330].

После того как символы распознаны, необходимо определить структуру выражения. Здесь используются модели последовательной обработки данных, включая рекуррентные нейронные сети и механизмы внимания [4, с. 210]. Далее подключаются системы компьютерной алгебры, которые выполняют необходимые преобразования – от упрощения выражений до решения более сложных задач [5, с. 25]. Полный процесс обработки задачи, начиная от ввода и заканчивая получением результата, представлен на рисунке 2.

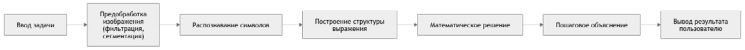


Рисунок 2 – Процесс обработки математической задачи

Если говорить о конкретных приложениях, можно заметить, что они реализуют разные подходы к обучению. Для наглядности их основные особенности сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ ИИ-приложений для изучения математики

Приложение	Ключевая технология ИИ	Характер обратной связи
Photomath	CNN + RNN	Пошаговое решение, анимации

MS Math Solver	Natural Language Processing	Видео-лекции, графический анализ
Symbolab	Symbolic Computation Engine	Глубокая аналитика шагов, тесты
Khanmigo	Large Language Models (GPT-4)	Сократический диалог, подсказки

Как видно из таблицы, различия касаются не только технологий, но и формата взаимодействия. Одни приложения делают акцент на визуальном объяснении, другие – на аналитике или диалоге с пользователем. В целом это отражает общую тенденцию развития искусственного интеллекта в образовании, где важную роль играет персонализация и интерактивность.

Отдельного внимания заслуживают адаптивные механизмы обучения. Система фиксирует ошибки пользователя, время выполнения заданий и количество попыток, после чего анализирует эти данные и предлагает соответствующие рекомендации. Такой процесс повторяется циклически, постепенно подстраиваясь под уровень пользователя. Общая схема такого взаимодействия представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Модель адаптивного обучения с использованием ИИ

В этом также есть и риски. Слишком сильная зависимость от автоматических решений может уменьшать самостоятельную работу. Поэтому важно сохранять баланс: пользоваться технологиями, но при этом не забывать про традиционные методы обучения [6, с. 88].

Тем не менее, при грамотном использовании такие инструменты могут существенно повысить эффективность образовательного процесса. Они позволяют реализовать индивидуальный подход, обеспечивают быструю обратную связь и делают обучение более удобным. Особенно это актуально в условиях дистанционного формата, где доступ к преподавателю может быть ограничен [7, с. 45].

Таким образом, мобильные приложения на основе искусственного интеллекта представляют собой перспективное направление развития математического образования. Их использование позволяет не только автоматизировать решение задач, но и способствует формированию более глубокого понимания материала. В дальнейшем такие системы, скорее всего, будут всё

активнее интегрироваться в образовательную среду, дополняя традиционные методы обучения и расширяя возможности обучающихся.

ЛИТЕРАТУРА

1 Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial Intelligence in Education. – Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019. – 257 с.

2 Zawacki-Richter O., Marín V.I., Bond M., Gouverneur F. Artificial Intelligence in Education: A Systematic Review. – International Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2019. – Vol. 16, No. 39. – С. 1–27.

3 Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 775 с.

4 Deng L., Yu D. Deep Learning: Methods and Applications. – Foundations and Trends in Signal Processing. – 2014. – Vol. 7, No. 3–4. – С. 197–387.

5 Bishop C. Pattern Recognition and Machine Learning. – New York: Springer, 2006. – 738 с.

6 Luckin R. Machine Learning and Human Intelligence. – London: UCL Press, 2018. – 256 с.

7 Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – 4-е изд. – Harlow: Pearson, 2020. – 1152 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

КАСЕНОВА А.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

В условиях ускоряющейся цифровой трансформации мировой экономики особую актуальность приобретает внедрение современных цифровых технологий в управление промышленными предприятиями. Одним из наиболее перспективных направлений технологической модернизации является использование систем искусственного интеллекта, которые позволяют существенно повысить эффективность производственных процессов, улучшить

качество управленческих решений и обеспечить устойчивое развитие промышленных комплексов.

Металлургическая промышленность традиционно занимает ключевое место в структуре промышленного производства Республики Казахстан, обеспечивая значительную долю валового внутреннего продукта, экспортных доходов и занятости населения. Горно-металлургический комплекс является базовой отраслью национальной экономики, формирующей основу индустриального развития страны и играющей важную роль в обеспечении сырьевой безопасности государства. В этой связи повышение эффективности функционирования предприятий металлургического комплекса является одной из приоритетных задач экономической политики.

Павлодарская область представляет собой один из крупнейших индустриальных центров Казахстана, где сосредоточены значительные мощности металлургического производства. В регионе функционируют крупные предприятия алюминиевой и черной металлургии, обеспечивающие производство стратегически важной металлопродукции. Вместе с тем современные условия развития промышленности характеризуются усилением глобальной конкуренции, ростом требований к эффективности использования ресурсов, повышением экологических стандартов и необходимостью внедрения инновационных технологий управления.

Традиционные методы управления промышленными предприятиями, основанные на использовании ограниченных массивов данных и экспертных оценок, не всегда позволяют оперативно реагировать на изменения внешней и внутренней среды. В условиях усложнения технологических процессов и роста объёмов производственной информации возникает необходимость применения интеллектуальных систем управления, способных обрабатывать большие массивы данных, прогнозировать развитие производственных процессов и оптимизировать управленческие решения.

Особую актуальность данная проблема приобретает для предприятий металлургического комплекса Павлодарской области, которые характеризуются высокой технологической сложностью производства и значительными объёмами производственных данных. В регионе функционируют крупные металлургические предприятия, производственные процессы которых включают множество взаимосвязанных операций, требующих точного

контроля технологических параметров и высокой надежности оборудования.

В этих условиях технологии искусственного интеллекта становятся важным инструментом повышения эффективности управления металлургическими предприятиями. Использование методов машинного обучения, анализа больших данных и цифровых технологий позволяет осуществлять интеллектуальный анализ производственной информации, прогнозировать технологические параметры и оптимизировать режимы работы оборудования [1].

Одним из наиболее перспективных направлений является применение алгоритмов машинного обучения для анализа технологических данных. Металлургические предприятия генерируют значительные объёмы информации о температурных режимах, составе сырья, параметрах плавки и характеристиках готовой продукции. Анализ этих данных позволяет выявлять закономерности технологических процессов и повышать эффективность производственного управления [2].

Важное значение для металлургической промышленности имеет использование систем предиктивного обслуживания оборудования. Применение алгоритмов искусственного интеллекта для анализа данных, получаемых с датчиков оборудования, позволяет выявлять отклонения в работе агрегатов и прогнозировать возможные неисправности. Это дает возможность своевременно планировать ремонтные работы и предотвращать аварийные остановки оборудования, что способствует снижению производственных издержек и повышению надежности производственных систем.

Перспективным направлением развития интеллектуальных систем управления является использование цифровых двойников производственных процессов. Цифровой двойник представляет собой виртуальную модель технологической системы, которая позволяет моделировать различные сценарии функционирования производства и прогнозировать состояние оборудования. Применение цифровых моделей позволяет оптимизировать производственные процессы и снизить затраты на проведение дорогостоящих промышленных испытаний [3].

Кроме того, технологии искусственного интеллекта активно используются для автоматизации контроля качества металлопродукции. Системы компьютерного зрения позволяют анализировать изображения поверхности металла, выявлять дефекты продукции и контролировать параметры производства

в режиме реального времени. Использование таких систем способствует снижению уровня брака и повышению качества металлопродукции [4].

Таким образом, внедрение технологий искусственного интеллекта в систему управления металлургическими предприятиями Павлодарской области позволяет повысить эффективность производственных процессов, оптимизировать использование ресурсов и обеспечить устойчивое развитие регионального металлургического комплекса.

Использование таких интеллектуальных систем позволяет повысить производительность оборудования; снизить уровень брака продукции; оптимизировать потребление энергии; повысить устойчивость производственных процессов.

Таблица 1 – Основные направления применения искусственного интеллекта в управлении металлургическими предприятиями

Область управления предприятием	Применяемые технологии ИИ	Управленческие задачи	Ожидаемый эффект
Управление производственными процессами	Алгоритмы машинного обучения, нейронные сети	Анализ технологических параметров, оптимизация режимов плавки и прокатки	Повышение производительности оборудования
Техническое обслуживание оборудования	Предиктивная аналитика, анализ данных датчиков	Прогнозирование отказов и планирование ремонта	Снижение аварийных остановок
Управление качеством продукции	Системы компьютерного зрения, глубокое обучение	Автоматическое обнаружение дефектов металла	Уменьшение уровня брака
Управление энергопотреблением	Интеллектуальные системы анализа данных	Оптимизация использования энергетических ресурсов	Снижение энергозатрат
Производственное планирование	Аналитические модели и прогнозирование	Оптимизация графиков производства и поставок	Повышение эффективности планирования
Источник: составлено автором на основе [2].			

Таким образом, использование технологий искусственного интеллекта является одним из ключевых направлений цифровой трансформации металлургической промышленности. Интеллектуальные системы управления позволяют существенно повысить эффективность производственных процессов, снизить эксплуатационные расходы и повысить конкурентоспособность предприятий.

Мировой опыт развития металлургической промышленности свидетельствует о высокой эффективности внедрения технологий искусственного интеллекта в систему управления производственными

процессами. Интеллектуальные системы управления позволяют значительно повысить производительность оборудования, снизить эксплуатационные расходы и улучшить качество металлопродукции. Учитывая промышленный потенциал региона и наличие крупных металлургических предприятий, применение подобных технологий может иметь важное значение для развития региональной промышленности. Для металлургических предприятий Павлодарской области внедрение технологий искусственного интеллекта может стать важным фактором модернизации промышленного производства и повышения эффективности функционирования регионального металлургического комплекса [5].

В связи с этим возникает необходимость разработки комплексной модели внедрения технологий искусственного интеллекта в систему управления металлургическими предприятиями Павлодарской области. Такая модель должна учитывать специфику производственных процессов металлургической промышленности, уровень цифровизации предприятий, а также существующую инфраструктуру автоматизированных систем управления.

Предлагаемая модель внедрения искусственного интеллекта предполагает поэтапную интеграцию интеллектуальных технологий в систему управления производственными процессами металлургических предприятий. Основной целью данной модели является повышение эффективности управления производством на основе анализа больших массивов производственных данных, прогнозирования технологических параметров и оптимизации режимов работы оборудования.

Структура модели внедрения искусственного интеллекта в управление металлургическими предприятиями включает несколько взаимосвязанных уровней.

Первый уровень – уровень сбора данных. На данном этапе осуществляется формирование информационной базы предприятия. Сбор данных осуществляется с помощью датчиков промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things), автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), производственных информационных систем и корпоративных баз данных. Получаемая информация включает данные о технологических параметрах производства, состоянии оборудования, уровне энергопотребления, а также показателях качества продукции.

Второй уровень – уровень хранения и обработки данных. На данном уровне осуществляется систематизация и обработка

полученной информации с использованием технологий Big Data. Создание единой цифровой платформы предприятия позволяет интегрировать данные различных производственных систем и обеспечивать их централизованное хранение и обработку. Это создаёт основу для дальнейшего использования методов аналитики и машинного обучения.

Третий уровень – уровень интеллектуального анализа данных. На этом этапе применяются алгоритмы машинного обучения и методы искусственного интеллекта для анализа производственных данных. Основными задачами данного уровня являются выявление закономерностей технологических процессов, прогнозирование возможных отклонений производственных параметров, а также оптимизация режимов работы оборудования. Использование интеллектуальных алгоритмов позволяет повысить точность прогнозирования производственных процессов и своевременно выявлять потенциальные проблемы.

Четвёртый уровень – уровень поддержки принятия управленческих решений. На данном уровне результаты анализа данных используются для формирования рекомендаций по управлению производственными процессами. Системы поддержки принятия решений позволяют руководителям предприятий и операторам производственных систем оперативно принимать обоснованные управленческие решения на основе аналитических данных.

Внедрение данной модели позволяет сформировать интегрированную цифровую систему управления металлургическим предприятием, в рамках которой производственные процессы контролируются и оптимизируются на основе интеллектуального анализа данных.

Для более наглядного представления структуры предлагаемой модели внедрения искусственного интеллекта в систему управления металлургическими предприятиями её основные элементы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Структура модели внедрения искусственного интеллекта в систему управления металлургическими предприятиями

Уровень модели	Основные элементы	Основные функции
Уровень сбора данных	Датчики IIoT, системы мониторинга, АСУ ТП	Сбор данных о технологических параметрах производства
Уровень обработки данных	Базы данных, облачные платформы, Big Data	Хранение и обработка производственной информации
Уровень интеллектуального анализа	Алгоритмы машинного обучения, аналитические системы	Прогнозирование и оптимизация производственных процессов
Уровень управления	Системы поддержки принятия решений	Формирование управленческих решений

Реализация предложенной модели позволит металлургическим предприятиям Павлодарской области перейти к более эффективной системе управления производственными процессами, основанной на использовании современных цифровых технологий и интеллектуального анализа данных. Это, в свою очередь, будет способствовать повышению конкурентоспособности предприятий металлургического комплекса региона и обеспечению устойчивого развития промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Jakubowski J., Ribeiro R., Nalepa G. Artificial Intelligence Approaches for Predictive Maintenance in the Steel Industry // arXiv preprint. – 2024. – arXiv:2405.12785. https://arxiv.org/abs/2405.12785

2 Carvalho T.P., Soares F.A.A.M.N., Vita R., Francisco R.P., Basto J.P., Alcalá S.G.S. A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance // Computers & Industrial Engineering. – 2019. – Vol. 137. – Article 106024. – URL: https://www.researchgate.net/publication/335644027_A_systematic_literature_review_of_machine_learning_methods_applied_to_predictive_maintenance

3 Lee J., Kao H., Yang S. Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment // Procedia Computer Science. – 2014. – Vol. 16. – P. 3–8. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221384631400025X

4 Zhang Y., Li X., Chen H. Surface Defect Detection for Steel Strips Based on Deep Learning // arXiv preprint. – 2023. – arXiv:2301.12495. – URL: https://arxiv.org/abs/2301.12495

5 Eurasian Resources Group. Цифровизация и внедрение искусственного интеллекта на предприятиях ERG. – URL: https://www.erg.kz

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ИНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА

КАСЕНОВА А.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Современный этап развития мировой экономики характеризуется стремительным внедрением цифровых технологий в различные сферы хозяйственной деятельности, включая промышленный сектор. В условиях усиливающейся глобальной конкуренции предприятия стремятся повышать эффективность производственных процессов, сокращать издержки и улучшать качество продукции за счёт внедрения инновационных технологических решений. Одним из ключевых факторов повышения конкурентоспособности предприятий становится использование технологий искусственного интеллекта, которые позволяют автоматизировать процессы обработки данных, оптимизировать производственные операции и поддерживать принятие управленческих решений на основе анализа больших массивов информации. Цифровая трансформация промышленности тесно связана с развитием концепции Industry 4.0, предполагающей интеграцию информационных технологий, автоматизации, интернета вещей, облачных вычислений и аналитики больших данных в систему управления предприятиями.

Внедрение интеллектуальных цифровых решений особенно актуально для отраслей с высокой технологической сложностью и энергоёмкостью производства, к числу которых относится металлургическая промышленность. Использование современных цифровых технологий в данной сфере позволяет повышать эффективность управления производственными процессами, прогнозировать состояние оборудования и оптимизировать использование ресурсов. В этой связи особое значение приобретает развитие металлургического комплекса, который играет важную роль в промышленной структуре многих государств, включая Республику Казахстан.

Металлургическая промышленность является одной из ключевых базовых отраслей экономики Республики Казахстан и играет важную роль в формировании промышленного и экспортного потенциала страны. Развитие металлургического комплекса способствует укреплению позиций Казахстана на мировом рынке металлов, обеспечивает поступление валютной выручки и создаёт значительное количество рабочих мест. В структуре национальной промышленности металлургия занимает важное место, поскольку продукция данной отрасли широко используется в машиностроении, строительстве, энергетике и других секторах экономики.

Существенный вклад в развитие металлургического производства Казахстана вносит Павлодарская область, которая является одним из крупнейших индустриальных центров республики. Регион обладает развитой промышленной инфраструктурой, значительными энергетическими ресурсами и благоприятными условиями для размещения крупных металлургических предприятий. Промышленность играет ключевую роль в экономике области, формируя значительную долю валового регионального продукта и обеспечивая высокий уровень занятости населения.

Основные показатели промышленного производства Павлодарской области представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные показатели промышленного производства Павлодарской области

Показатель	2022	2023	2024
Объем промышленного производства, млрд тенге	2530	2870	3210
Доля обрабатывающей промышленности, %	71,2	72,5	73,4
Доля металлургической промышленности, %	43,5	44,1	45,3
Экспорт металлургической продукции, млрд долл. США	2,8	3,1	3,4

Особое значение в промышленной структуре региона занимает металлургическая отрасль, которая обеспечивает значительную часть промышленного производства области. На территории Павлодарской области функционируют крупные предприятия алюминиевой и ферросплавной промышленности, продукция которых поставляется как на внутренний рынок, так и на экспорт. Наличие крупных производственных мощностей, развитой транспортно-логистической инфраструктуры и энергетической базы способствует дальнейшему развитию металлургического комплекса региона. В современных условиях модернизация предприятий металлургической отрасли и внедрение цифровых технологий, включая технологии искусственного интеллекта, становятся важным фактором повышения эффективности производства и укрепления конкурентоспособности промышленности региона.

В последние годы особое внимание уделяется использованию технологий искусственного интеллекта, которые позволяют анализировать большие объемы производственных данных, прогнозировать возможные сбои оборудования и оптимизировать производственные процессы. По данным исследований, внедрение интеллектуальных систем управления позволяет значительно повысить эффективность производственных процессов и снизить издержки предприятия [1].

Цифровая трансформация промышленности предполагает внедрение комплекса цифровых технологий, включая машинное обучение, анализ больших данных и автоматизированные системы принятия решений. Эти технологии позволяют анализировать данные, поступающие от производственного оборудования, и формировать рекомендации по оптимизации производственных процессов. Использование интеллектуальных алгоритмов особенно актуально для металлургической промышленности, где технологические процессы отличаются высокой сложностью и энергоемкостью.

Особую актуальность внедрение технологий искусственного интеллекта приобретает в металлургической промышленности, где технологические процессы характеризуются высокой сложностью, непрерывностью производства и значительной энергоёмкостью. Применение интеллектуальных систем в данной отрасли позволяет оптимизировать режимы работы оборудования, контролировать качество продукции на различных этапах производственного цикла, а также прогнозировать техническое состояние производственных установок. Кроме того, использование алгоритмов машинного обучения способствует повышению эффективности управления производственными мощностями, снижению энергопотребления и минимизации производственных рисков.

Таким образом, интеграция технологий искусственного интеллекта в систему управления металлургическими предприятиями открывает новые возможности для повышения эффективности промышленного производства и обеспечения устойчивого развития предприятий в условиях цифровой экономики.

Одним из наиболее перспективных направлений применения искусственного интеллекта является предиктивная диагностика оборудования. Предиктивные модели, основанные на алгоритмах машинного обучения, позволяют анализировать параметры работы оборудования и прогнозировать возможные неисправности. Это дает

возможность проводить техническое обслуживание оборудования до возникновения аварийных ситуаций и тем самым снижать производственные потери. Согласно исследованиям, использование технологий предиктивного обслуживания позволяет существенно сократить незапланированные простои оборудования и увеличить срок его эксплуатации [2].

Другим важным направлением применения искусственного интеллекта является оптимизация производственного планирования и логистики. Современные алгоритмы машинного обучения позволяют анализировать рыночный спрос, состояние складских запасов и производственные мощности предприятия, что позволяет оптимизировать производственные планы и минимизировать издержки. Использование аналитических моделей позволяет повысить точность прогнозирования спроса на металлургическую продукцию и повысить эффективность цепочек поставок [3].

Кроме того, технологии искусственного интеллекта активно применяются для повышения энергоэффективности металлургического производства. Как было уже отмечено выше, металлургическая отрасль характеризуется высокой энергоемкостью, поэтому оптимизация энергопотребления является одним из ключевых факторов повышения эффективности производства. Использование интеллектуальных систем анализа данных позволяет оптимизировать режимы работы оборудования и снизить потребление энергетических ресурсов.

В таблице 2 представлены основные направления применения искусственного интеллекта в металлургической промышленности.

Таблица 2 – Основные направления применения искусственного интеллекта в металлургической промышленности

Направление применения	Содержание	Ожидаемый эффект
Предиктивное обслуживание	Анализ данных датчиков оборудования и прогнозирование неисправностей	Снижение аварий и простоев оборудования
Оптимизация производственного планирования	Использование алгоритмов машинного обучения для планирования производства	Повышение эффективности использования ресурсов
Контроль качества продукции	Автоматический анализ параметров продукции и обнаружение дефектов	Повышение качества продукции

Энергоменеджмент	Анализ потребления энергии и оптимизация режимов работы оборудования	Снижение энергозатрат
Управление логистикой	Анализ цепочек поставок и оптимизация транспортных потоков	Снижение логистических издержек

Развитие цифровых технологий активно внедряется и на предприятиях Казахстана. Крупные промышленные компании инвестируют значительные средства в цифровизацию производства. Например, промышленная группа ERG инвестировала более 100 млн долларов в развитие цифровых решений и технологий искусственного интеллекта на своих предприятиях [4]. Реализация подобных проектов направлена на повышение эффективности производственных процессов и улучшение системы управления промышленными активами.

Кроме того, в Казахстане реализуются проекты по внедрению интеллектуальных модулей управления металлургическими печами. Например, внедрение специализированных алгоритмов позволяет прогнозировать разрушение электродов печи и предотвращать производственные остановки, что существенно повышает эффективность производства [5].

В таблице 3 представлены основные преимущества внедрения искусственного интеллекта в управление металлургическими предприятиями.

Таблица 3 – Преимущества внедрения искусственного интеллекта в системе управления предприятиями

Показатель	Традиционная система управления	Система управления с использованием ИИ
Принятие решений	Основано на опыте специалистов	Основано на анализе больших данных
Прогнозирование	Ограниченные аналитические возможности	Высокая точность прогнозных моделей
Управление оборудованием	Реактивное обслуживание	Предиктивное обслуживание
Эффективность производства	Средняя	Повышенная за счет оптимизации процессов
Управление рисками	Ограниченные возможности анализа	Комплексный анализ рисков

Несмотря на значительный потенциал применения технологий искусственного интеллекта в промышленности, их практическое внедрение на предприятиях сопровождается рядом организационных, технологических и экономических трудностей. Одним из основных барьеров является недостаточный уровень развития цифровой инфраструктуры на многих промышленных предприятиях. Эффективное функционирование интеллектуальных систем требует наличия современных информационных платформ, высокоскоростных сетей передачи данных, а также интеграции различных цифровых систем управления производством, включая ERP-, MES- и SCADA-системы.

Существенным ограничивающим фактором также выступает высокая стоимость внедрения технологий искусственного интеллекта. Реализация проектов цифровой трансформации требует значительных финансовых вложений, связанных с модернизацией оборудования, внедрением специализированного программного обеспечения, развитием цифровых платформ и обеспечением информационной безопасности. Для многих предприятий металлургической отрасли данные затраты могут стать серьезным препятствием на пути внедрения интеллектуальных решений.

Кроме того, одной из актуальных проблем является дефицит квалифицированных специалистов в области анализа данных, машинного обучения и цифровых технологий. Эффективное применение искусственного интеллекта предполагает наличие специалистов, обладающих компетенциями в области обработки больших данных, программирования и разработки алгоритмов машинного обучения. Недостаток таких кадров может существенно замедлять процессы внедрения и развития интеллектуальных систем на промышленных предприятиях.

Дополнительным фактором, усложняющим внедрение технологий искусственного интеллекта, является необходимость модернизации существующих информационных систем предприятий. На многих промышленных объектах используются устаревшие программные решения и технологические платформы, которые не всегда совместимы с современными цифровыми технологиями. В связи с этим предприятиям необходимо проводить комплексное обновление информационной инфраструктуры и обеспечивать интеграцию новых интеллектуальных решений с действующими системами управления производством.

Вместе с тем развитие цифровой экономики и государственные программы цифровизации промышленности создают благоприятные условия для внедрения интеллектуальных технологий. В долгосрочной перспективе использование искусственного интеллекта может стать одним из ключевых факторов повышения конкурентоспособности металлургических предприятий и устойчивого развития промышленности региона.

Таким образом, использование технологий искусственного интеллекта в системе управления предприятиями металлургического комплекса Павлодарской области открывает новые возможности для повышения эффективности производства, оптимизации управленческих решений и снижения производственных рисков. Реализация проектов цифровой трансформации требует комплексного подхода, включающего развитие цифровой инфраструктуры, подготовку квалифицированных кадров и внедрение современных аналитических технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ahmmed M.S., Hasan M.K., Rahman M.M. Industry 4.0 and Artificial Intelligence in Manufacturing Systems // Machines. – 2024. – Vol. 12, No. 10. – Article 681. -https://www.mdpi.com/2075-1702/12/10/681)

2 Jakubowski J., Ribeiro R., Nalepa G. Artificial Intelligence Approaches for Predictive Maintenance in the Steel Industry // arXiv preprint. – 2024. – arXiv:2405.12785. https://arxiv.org/abs/2405.12785

3 Kanade T. M., Joseph J., Savale T. AI-Driven Predictive Analytics in Metallurgical Marketing // Advances in Data-Driven Business and Industry 4.0. – Cham: Springer, 2026. – P. 1–15. - https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-032-17834-3_1

4 Eurasian Resources Group. ERG внедряет цифровые технологии и искусственный интеллект на промышленных предприятиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.erg.kz/ru/news/show/3737

5 Стартует масштабный проект по внедрению искусственного интеллекта в металлургическое производство Казахстана [Электронный ресурс] // Вечерний Алматы. – Режим доступа: https://vecher.kz/ru/article/startuet-masshtabnyi-proekt-po-vnedreniiu-ii-v-metallurgicheskoe-proizvodstvo-kazahstana.html

ВЕБ-ЖҮЙЕДЕ АРХЕОЛОГИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫ ЖІКТЕУ ҮШІН МӘТІНДІК СИПАТТАМАЛАРДЫ ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ

КУВАТОВ А. А.
магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
ТОКЖИГИТОВА Н. К.
PhD, қауымд. профессор (доцент), Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Гуманитарлық ғылымдарды, соның ішінде археологияны цифрландыру мәтіндік ақпараттың айтарлықтай көлемінің жинақталуына әкеледі: табылған заттардың сипаттамасы, далалық есептер және ғылыми жарияланымдар [1]. Мұндай деректерді қолмен ұйымдастырудың дәстүрлі әдістері айтарлықтай уақытты қажет етеді және зерттеушінің субъективтілігіне ұшырайды. Осыған байланысты археологиялық объектілерді жіктеу және іздеу процестерін автоматтандыру үшін деректерді өндіру және табиғи тілді өңдеу әдістерін қолдануға қызығушылық артып келеді [2].

Заманауи веб-бағдарланған ақпараттық жүйелер археологиялық материалдарды сақтауға және визуализациялауға ғана емес, сонымен қатар мәтіндік сипаттамаларды интеллектуалды өңдеуді қамтамасыз ететін аналитикалық модульдерді енгізуге мүмкіндік береді [3]. Табылған заттарды түрі, дәуірі немесе мәдени байланысы бойынша автоматты түрде жіктеу ғылыми зерттеулерді едәуір жеделдетуге және мамандардың тиімділігін арттыруға қабілетті.

Бұл жұмыстың мақсаты – TensorFlow технологиялары мен Python жасанды интеллект серверін қолдана отырып, веб-ақпараттық жүйенің бөлігі ретінде оларды автоматты түрде жіктеу үшін археологиялық олжалардың мәтіндік сипаттамаларын талдау әдістерін әзірлеу және зерттеу. Зерттеу археологиялық объектілердің деректерін сақтауға, құрылымдауға және талдауға арналған веб-бағдарланған археологиялық ақпараттық жүйе әзірлеу болып табылады. Әзірленіп жатқан жүйе стандартты браузер арқылы пайдаланушыларға қол жеткізуді қамтамасыз ететін веб-сайт түрінде жүзеге асырылады. Жүйенің архитектурасы пайдаланушы интерфейсін (frontend), деректерді өңдеудің серверлік бөлігін (backend) және дерекқорды қамтитын үш деңгейлі модельге негізделген. Бұл тәсіл жүйенің масштабталуын және функционалдылықты одан әрі кеңейту мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Жүйенің пайдаланушы интерфейсі археологиялық объектілерді іздеу, қарау және визуализациялау функцияларын жүзеге асырады.

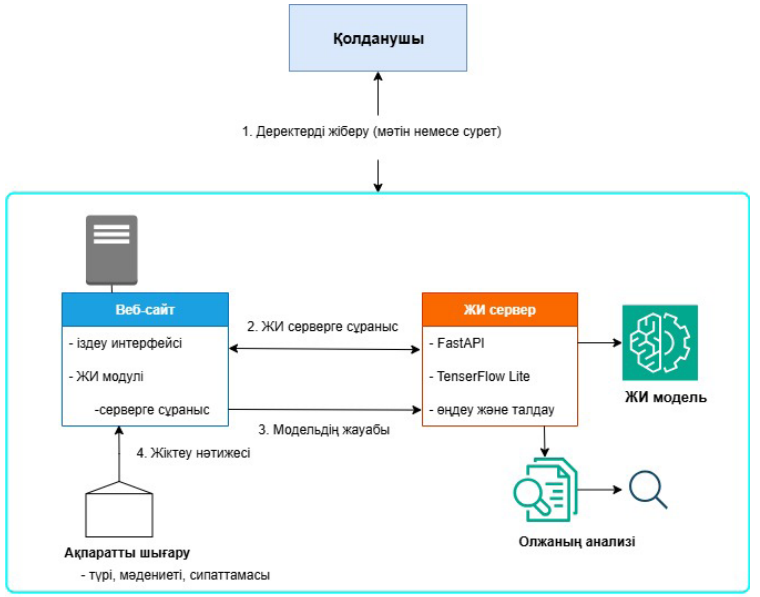
Интерактивті картада ескерткіштердің орналасуын көрсетуге мүмкіндік беретін деректердің географиялық визуализациясына ерекше назар аударылады. Картографиялық қызметтерді пайдалану археологиялық объектілердің кеңістіктік таралуының көрнекі көрінісін қамтамасыз етеді. Жүйенің серверлік бөлігі пайдаланушылардың сұраныстарын өңдеуге, деректерді басқаруға және дерекқормен өзара әрекеттесуге жауап береді. Жүйеде жүйенің функционалдығына қол жеткізуді шектеуге мүмкіндік беретін пайдаланушылардың аутентификация механизмдері жүзеге асырылады. Әкімшілік құқықтары бар пайдаланушылар археологиялық нысандар туралы ақпаратты қосып, өңдей алады және мультимедиялық материалдарды басқара алады. Деректер базасы археологиялық орындар туралы құрылымдық ақпаратты, соның ішінде олардың атауын, географиялық орналасуын, мәдени-хронологиялық байланысын, сипаттамасын және онымен байланысты материалдарды сақтауға арналған.

Әзірленген ақпараттық жүйеде клиенттің веб-интерфейсі, Firebase платформасы, деректерді өңдеу сервері және жеке Python жасанды интеллект сервері бар көп деңгейлі архитектура бар (1-сурет). Ұқсас қызметке бағытталған архитектура заманауи ақпараттық жүйелерде кеңінен қолданылады және шешімнің ауқымдылығы мен модульділігін қамтамасыз етеді [3].

Веб-бағдарлама пайдаланушы интерфейсінің функцияларын орындайды және археологиялық деректерді енгізуді, суреттерді жүктеуді және жіктеу нәтижелерін көрсетуді қамтамасыз етеді. Деректер Firebase бұлттық базасында сақталады, ол орталықтандырылған сақтау орны ретінде әрекет етеді. Деректерді талдау қажет болған жағдайда, веб-бағдарлама Fastapi және TensorFlow Lite кітапханасын қолдана отырып, Python тілінде жүзеге асырылатын жасанды интеллект серверіне қол жеткізуді бастайды. Деректерді беру REST API арқылы жүзеге асырылады, бұл веб-қосымшалардың заманауи сервистік архитектурасына сәйкес келеді.

Мәтіндік деректерді өңдеу үшін векторизацияға және мәтінді ұсынудың статистикалық модельдеріне негізделген табиғи тілді өңдеу әдістері (NLP) қолданылады [2]. Терең нейрондық желілерді пайдалану жіктеудің дәлдігін жақсартады және күрделі семантикалық тәуелділіктерді ескеруге мүмкіндік береді. Археологияда жасанды интеллект әдістерін қолдану гуманитарлық ғылымдардың цифрлық трансформациясының қазіргі тенденцияларын көрсетеді. Зерттеушілердің пікірінше,

AI археологиялық деректерді түсіндіру және жүйелеу құралына айналады [4]. Жіктеуді орындағаннан кейін сервер құрылымдық нәтижені (объект түрі, мәдени тиістілік, ықтималдық коэффициенті) қалыптастырады және оны сақтау үшін Firebase-ке қайтарады. Бұл механизм модельді кейіннен жақсарту үшін талдаудың қайталануын және оқыту деректерінің жинақталуын қамтамасыз етеді, бұл білім беру жүйелерін құру принциптеріне сәйкес келеді.



Сурет 1 – Жасанды интеллект Python серверін қолдана отырып, археологиялық материалдарды жіктеудің веб-жүйесінің архитектурасы

Python серверінде TensorFlow-да оқытылған мәтінді жіктеу моделі бар және веб-қосымшамен өзара әрекеттесу үшін API ұсынады. Бұл тәсіл Машиналық оқыту модельдерін қолданбалы жүйелерге біріктірудің заманауи тәжірибелеріне сәйкес келеді [5]. Жіктеу алгоритмі мәтін корпусын жинауды, өңдеуді, белгілерді қалыптастыруды және модельді TensorFlow-да оқытуды қамтиды. Нейрондық желі әдістерін қолдану мәтіндік санаттарды танудың жоғары дәлдігіне қол жеткізуге мүмкіндік береді [6].

Модельдің сапасын бағалау машиналық оқытудың стандартты көрсеткіштерін – дәлдікті, толықтықты және F-өлшемді қолдану арқылы жүзеге асырылады, бұл мәтінді жіктеу мәселелерінде жалпы қабылданған тәжірибе [2].

Төменде TensorFlow Lite моделін қолдана отырып, FastAPI-де енгізілген Python серверінің кодын талдауы көрсетілген. Сервер археологиялық нысандардың кескіндерін жіктейді және нәтижелерді веб-қосымшаға қайтарады.

1. Кітапханаларды қосу. Кітапханалар веб-сервер (FastAPI), кескінді өңдеу (PIL, numpy) және TensorFlow Lite моделімен жұмыс істеу үшін қолданылады.

2. Сервер мен CORS инициализациясы. Сервер CORS қолдауымен жасалады, осылайша веб-клиент браузерден сұраулар жібере алады:

```
app = FastAPI()
app.add_middleware(CORSMiddleware, allow_origins=[«*»], allow_methods=[«*»], allow_headers=[«*»])
```

3. TensorFlow Lite моделін жүктеу. Модель жүктеледі және жұмысқа дайындалады, ал input_details және output_details кіру және шығу параметрлерін қамтиды:

```
interpreter = tf.lite.Interpreter(model_path=»models/model.tflite»)
interpreter.allocate_tensors()
input_details = interpreter.get_input_details()
output_details = interpreter.get_output_details()
```

4. Кескінді талдаудың соңғы нүктесі. Асинхронды post-Endpoint археологиялық нысанның бейнесін қабылдайды.

5. Кескінді өңдеу. Кескін RGB-ге түрлендіріледі, өлшемі өзгереді, қалыпқа келтіріледі және модель үшін батч пайда болады:

```
contents = await file.read()
image = Image.open(io.BytesIO(contents)).convert(«RGB»)
image = image.resize((input_details[0][‘shape’][1], input_details[0][‘shape’][2]))
input_data = np.expand_dims(np.array(image, dtype=np.float32), axis=0)
input_data = (input_data / 127.5) - 1.0
```

6. Классификация. Модель болжамды орындайды, ең ықтимал сынып таңдалады [4]:

```
interpreter.set_tensor(input_details[0][‘index’], input_data)
interpreter.invoke()
output_data = interpreter.get_tensor(output_details[0][‘index’])[0]
top_idx = np.argmax(output_data)
confidence = float(output_data[top_idx])
```

7. Жауапты қалыптастыру. JSON түрі, сенімділігі және веб-интерфейс үшін қосымша белгілері бар қайтарылады.

8. Серверді іске қосу. Сервер веб-қосымшаның сұрауларын қабылдай отырып, 8000 портында іске қосылады. Fastapi сервер археологиялық нысандардың суреттерін өңдейді, TensorFlow Lite моделін қолдана отырып қалыпқа келтіреді және жіктейді, нәтижені веб-интерфейске қайтарады [5].

Әзірленген археологиялық ақпараттық жүйенің тиімділігін бағалау үшін оның функционалдық мүмкіндіктеріне эксперименттік тестілеу жүргізілді. Эксперимент жүйенің негізгі модульдерінің жұмысын тексеруге бағытталған. Эксперимент барысында жүйеге бірқатар археологиялық нысандар туралы ақпаратты қамтитын тестілік мәліметтер базасы енгізілді. Әрбір нысан келесі параметрлерді қамтыды: ескерткіштің атауы, географиялық координаттары, археологиялық нысанның түрі, мәдени-хронологиялық байланысы және қысқаша сипаттамасы. Сонымен қатар, кейбір нысандар үшін археологиялық материалдардың суреттері қосылды. Деректер базасын толтырғаннан кейін жүйенің функционалдығын тексеру жүргізілді. Ең алдымен, іздеу модулінің дұрыстығы тексерілді. Пайдаланушылар археологиялық нысандарды әртүрлі параметрлер бойынша іздей алады, соның ішінде атауы, аймағы және ескерткіш түрі. Іздеу нәтижелері қысқаша ақпаратпен бірге нысандар тізімі ретінде көрсетілді. Сонымен қатар, эксперименттік зерттеу шеңберінде Python тіліндегі серверлік модульді қолдана отырып, археологиялық объектілердің кескіндерін өңдеу функциясы жүзеге асырылды. Бұл модуль жүйенің веб-интерфейсі арқылы пайдаланушылар жүктеген археологиялық материалдардың фотосуреттерін өңдеуге арналған. Тестілеу барысында суреттерді жүктеудің дұрыстығы, Python-сервердің тұрақтылығы және деректерді өңдеу жылдамдығы тексерілді. Тәжірибе көрсеткендей, бір кескінді өңдеудің орташа уақыты 1-ден 2 секундқа дейін, бұл археологиялық деректермен жұмыс істеу кезінде осы құралды іс жүзінде қолдануға мүмкіндік береді.

Эксперимент археологиялық материалдардың мәтіндік сипаттамалары мен кескіндерін талдау үшін машиналық оқыту әдістерін қолдану автоматты жіктеудің жоғары дәлдігін қамтамасыз ететіндігін көрсетті. Алынған нәтижелер жасанды интеллект және

цифрлық археология саласындағы заманауи зерттеулерге сәйкес келеді.

Мақалада табиғи тілді өңдеу және машиналық оқыту әдістері негізінде археологиялық олжаларды автоматты түрде жіктеу модулі жасалды. TensorFlow және жеке Python серверін пайдалану вебке бағытталған ақпараттық жүйеде шешімнің масштабталуын және практикалық қолданылуын қамтамасыз етеді.

Ұсынылған тәсіл жасанды интеллект технологияларын археологиялық зерттеулер мен цифрлық мұра жүйелеріне біріктірудің перспективасын растайды.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Richards J. D., Hardman C. Twenty-first Century Archaeology: Digital Approaches, Technologies, and Practices. – Routledge, 2021.

2 Jurafsky D., Martin J. Speech and Language Processing. – 3rd ed. draft, Stanford University, 2023.

3 Chollet F. Deep Learning with Python. – Manning Publications, 2018.

4 Huggett, J. (2022) Archaeological practice and digital automation. In: Watrall, E. And Goldstein, L. (eds.) Digital Heritage and Archaeology in Practice: Data, Ethics, and Professionalism. University Press of Florida: Gainesville, FL, pp. 275-304. ISBN 9780813069302.

5 TensorFlow Developers. TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Systems. – 2015. URL: https://www.tensorflow.org

6 Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press, 2016.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПРАВОВОЙ СИСТЕМЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН: ТЕОРЕТИКО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ И ПРИНЦИП ПРИОРИТЕТА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

КУСАИНОВ К. К.
доктор философии, ассоциированный профессор, доцент кафедры психологии и социально-гуманитарных дисциплин Университета «Туран-Астана» г. Астана
ИШАНОВ А. К.
магистрант, университет «Туран-Астана», г. Астана

В статье рассматриваются отдельные аспекты правового регулирования технологий искусственного интеллекта в Республике Казахстан. Анализ проводится с учетом принятия Закона Республики Казахстан «Об искусственном интеллекте» (2025). Особое внимание уделяется вопросам правовой определённости при использовании решений на основе алгоритмов, а также проблеме разграничения автоматизированных систем и технологий искусственного интеллекта. Рассматриваются особенности применения интеллектуальных алгоритмов в государственном управлении и корпоративной деятельности. Делается вывод о необходимости сохранения приоритета человеческого контроля при использовании технологий искусственного интеллекта и о формировании в Казахстане риск-ориентированной модели регулирования.

Цифровая трансформация государственного управления и экономики в последние годы стала одним из приоритетных направлений развития Республики Казахстан. В посланиях Президента Республики Казахстан Касым-Жомарта Токаева неоднократно отмечалась необходимость активного внедрения цифровых технологий, развития инфраструктуры данных и использования аналитических систем для повышения эффективности работы государственных институтов и повышения конкурентоспособности национальной экономики [1, с. 4].

Развитие цифровых сервисов и информационных систем постепенно приводит к расширению применения методов анализа данных согласно заложенных алгоритмов. В этой связи особое значение приобретают вопросы правового регулирования технологий искусственного интеллекта, а также определения границ их применения в публичной и частной сферах.

Существенным этапом формирования нормативной базы стало принятие Закона Республики Казахстан «Об искусственном интеллекте» от 17 ноября 2025 года [2, с. 4]. Данный закон закрепил основные принципы разработки и использования технологий искусственного интеллекта и определил направления дальнейшего развития регулирования в данной области.

В научной литературе можно выделить несколько подходов к пониманию искусственного интеллекта. Согласно первому подходу, искусственный интеллект рассматривается как разновидность программного обеспечения, функционирующего на основе сложных алгоритмов обработки информации. Второй подход связывает искусственный интеллект прежде всего со способностью программных систем к обучению и адаптации на основе накопленных данных. Третий подход допускает возможность частичной автономности алгоритмов при формировании решений.

Вместе с тем для правовой системы Республики Казахстан более обоснованным представляется инструментальный подход. В рамках данного подхода искусственный интеллект рассматривается как технический инструмент, используемый человеком при принятии управленческих решений.

Признание за системой по принципу выстроенных алгоритмов самостоятельной юридической автономии может привести к неопределенности в вопросах ответственности за последствия принимаемых решений. В действующей правовой системе ответственность за управленческие решения сохраняется за субъектом управления. По этой причине искусственный интеллект в правовом регулировании Республики Казахстан рассматривается прежде всего как вспомогательный технологический инструмент.

Применение искусственного интеллекта в государственном управлении и бизнес-процессах. Развитие цифровых технологий в Казахстане сопровождается значительным ростом использования электронных государственных услуг. По данным портала электронного правительства, ежегодно граждане получают сотни миллионов государственных услуг в электронном формате [3, с. 4]. Цифровизация активно развивается и в судебной системе. В последние годы большая часть процессуальных документов подается через систему «Судебный кабинет», что позволяет значительно сократить сроки рассмотрения дел и упростить взаимодействие граждан с судебными органами [4, с. 4]. Однако высокий уровень цифровизации не всегда означает широкое использование

технологий искусственного интеллекта. Во многих случаях применяются автоматизированные информационные системы, основанные на заранее заданных алгоритмах обработки данных. В частном секторе элементы аналитики на основе алгоритмов чаще всего используются в финансовой сфере. Например, банковские организации применяют автоматизированные системы оценки кредитных рисков и анализа финансовых показателей. Вместе с тем полноценные модели машинного обучения внедрены далеко не во всех финансовых учреждениях [5, с. 4].

Правовые риски применения систем на основе выстроенных алгоритмов. Использование систем на основе выстроенных алгоритмов в процессе принятия решений связано с рядом правовых и организационных рисков. Одним из ключевых является проблема прозрачности алгоритмов. При использовании сложных моделей анализа данных нередко возникает ситуация, когда логика формирования решения становится трудно объяснимой. Еще одним важным аспектом является возможность предвзятости выстроенных алгоритмов. Если исходные данные содержат искажения или неполную информацию, система может воспроизводить подобные искажения при формировании рекомендаций. В этой связи принцип правовой определенности приобретает особое значение. Решения, которые могут затрагивать права и законные интересы граждан, должны быть понятными, обоснованными и поддаваться проверке.

Риск-ориентированный подход к регулированию технологий искусственного интеллекта. Международная практика регулирования технологий искусственного интеллекта всё чаще основывается на оценке потенциальных рисков их применения. Подобный подход используется, в частности, в нормативных актах Европейского союза и в рекомендациях Организации экономического сотрудничества и развития [6, с. 4].

С учетом международного опыта можно выделить несколько уровней риска применения технологий на основе выстроенных алгоритмов. К системам низкого уровня риска относятся алгоритмы, применяемые для внутреннего анализа данных и оптимизации бизнес-процессов. Такие системы, как правило, не оказывают прямого влияния на права граждан. Средний уровень риска характерен для систем, используемых при оценке кредитоспособности, анализе данных клиентов или управлении персоналом. Высокий уровень риска возникает в случаях применения решений на основе выстроенных алгоритмов в правоохранительной деятельности,

судебной практике или при распределении социальных выплат. Для систем высокого уровня риска требуется дополнительный уровень контроля, включая экспертную оценку алгоритмов и обязательное участие человека в процессе принятия окончательного решения.

Развитие технологий искусственного интеллекта создает новые возможности для повышения эффективности государственного управления и экономических процессов. В то же время использование систем на основе алгоритмов требует формирования сбалансированной правовой модели регулирования.

Принятие Закона Республики Казахстан «Об искусственном интеллекте» стало важным этапом в развитии национального законодательства в данной сфере. Однако дальнейшее развитие правового регулирования должно быть направлено на обеспечение прозрачности алгоритмов, определение границ их применения и сохранение принципа человеческого контроля при принятии решений.

ЛИТЕРАТУРА

1 Послания Президента Республики Казахстан К.-Ж. Токаева народу Казахстана – https://www.akorda.kz/ru

2 Закон Республики Казахстан «Об искусственном интеллекте» от 17 ноября 2025 года – https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z2500000230

3 Портал электронного правительства Республики Казахстан – https://egov.kz

4 Судебная администрация Республики Казахстан – https://sud.gov.kz

5 Агентство по регулированию и развитию финансового рынка Республики Казахстан – https://www.gov.kz

6 Рекомендация Совета ОЭСР по ИИ (OECD AI Principles) – https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/oecd-legal-0449

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ЖӘНЕ ҚОЛДАНБАЛЫ АСПЕКТІЛЕРІ

МЕРГЕН Ж. С.
физика пәнінің мұғалімі, «Облыстық көп салалы дарынды балаларға арналған лицей-интернаты» КММ, Павлодар қ.

Ең бірінші осы жылдан бастап жасанды интеллект жылы болып саналды. Яғни әрбір пән мұғалімі өз сабағында жасанды интеллект

көмегімен жүзеге асыра алады. Технология мен цифрландыру екі бөлек ұғым тәрізді. Алайда білім саласында немесе технологиялық жұмыс жасайтын жерлерде цифрландыру кеңейтілуде. Жалпы алғанда заман талабына байланысты қолымыздан келетін цифрлық технологияларды қолдану барысында ескереміз. Сонымен әртүрлі технологияларды қазіргі таңда жасанды интеллект арқылы жүзеге асырамыз. Олардың ішінде персонажды сөйлету немесе уақыттың тығыздығына байланысты жүйелі жоспар, шешілмеген есептер немесе түсінбеген сұрақтар жауабын алуда. Жасанды интеллект тек білім саласында ғана емес, әртүрлі бағыттарда дамып жатыр. Қазіргі қоғамда сапалы білім беру жүйесін құру ең маңызды міндеттердің бірі болып саналады. Әрбір оқытушының мақсаты оқушыға білім беру. Бұл мақсатқа жету үшін тек жаңа оқу бағдарламалары мен заманауи әдістер ғана емес, ең алдымен, құзыретті әрі жан-жақты даму керек. Қазіргі заманда жасанды интеллект (ЖИ) білім беру жүйесіне қарқынды енгізіліп, мұғалімдердің қызметін өзгертіп келеді. Бұл технологиялар оқу процесін оңтайландырып, оқушылардың білім деңгейін көтеруге көмектеседі [1].

Физика сабақтарында жасанды интеллект (ЖИ) технологияларын қолдану – білім сапасын арттырудың тиімді жолдарының бірі. Әсіресе физика-математикалық және компьютерлік ғылымдар бағытында ЖИ күрделі ұғымдарды түсіндіруді жеңілдетіп, есептерді талдауды жеделдетіп, оқушылардың зерттеушілік дағдыларын дамытуға мүмкіндік береді. Дегенмен, ЖИ мұғалімнің орнын баса алмайды, керісінше, олардың жұмысын тиімді әрі қызықты етуге ықпал етеді. Жасанды интеллект технологияларын қалай тиімді қолданамыз: оқушыларға жұптық, топтық, жеке жұмыс жоспарларын, деңгейлік тапсырмаларын орындауға өте күшті әсерін тигізеді. Жасанды интеллект және мұғалімнің байланысының тізбегі: ЖИ оқушының білім деңгейін талдап, жеке оқу жоспарын ұсынуға көмектеседі. ЖИ үй тапсырмаларын, тесттер мен емтихандарды бағалауды жеңілдетіп, мұғалімнің уақытын үнемдейді. Тесттер және сұрақтар қатарын біз бір ғана сайттан ала аламыз. Уақыт үнемдеу, дайын шығарылған есептер. Үлгі ретінде қолданып, ол тапсырмаларды сабақ жоспарына қосуға болады.

Сабақ жүйесінде технологиялар өте керемет шынығу болып табылады. Оқушылар айтылған мәліметтерді көзбен де, оны ойын ретінде орындаулары да сабақ кезеңіне оң әсерін береді. Әрі интерактивті оқыту ойындары арқылы цифрлық технологияларды тиімді қолдануға болады. Мысалы, егер оқушы математикалық

есептерді шешуде қиындықтарға тап болса, түрлі онлайн платформалар оған жеңілдетілген түсіндірулер мен қосымша жаттығулар ұсына алады. Бұл – оқыту үдерісін жекелендірудің және әр оқушының білім деңгейіне сай қолдау көрсетудің тиімді жолы. Әрине, әрбір оқушы өзіне ұнаған пәндік сабақтарға белсенді қатысады. Демек, пәнге деген қызығушылығы артып, шешілмеген сұрақтарының жауабын табуға ұмтылады. Жаңа форматтағы мұғалім ретінде табысты болудың бір жолы – заманауи технологияларды орынды пайдаланып, сол арқылы білім беру кеңістігінде көшбасшылық таныту. Платформа арқылы пәндік тақырыптарға сәйкес түрлі ойын тапсырмаларын, сәйкестендіру жаттығуларын, тесттер мен логикалық тапсырмаларды құрастыруға болады. Нәтижесінде оқушылар теориялық материалды ойын формасында меңгеріп, білімдерін бекітуге мүмкіндік алды. Сабақ барысында белсенділік арттады, оқушылар арасында бәсекелестік пен қызығушылық қалыптасады. Ең бастысы – оқу үдерісі бірсарынды емес, тартымды әрі нәтижелі бола түседі [2].

Интерактивті технологияларды жүйелі қолдану мұғалімнің кәсіби шеберлігін шыңдап қана қоймай, білім сапасының артуына да ықпал етеді. Бүгінгі цифрлық дәуірде мұғалім – тек білім көзі емес, ол – бағыт беруші, ұйымдастырушы және инновациялық орта қалыптастырушы тұлға. Сондықтан заманауи педагог цифрлық құралдарды шығармашылықпен қолданып, оқушының жеке дамуына жағдай жасай білуі тиіс.

Қазіргі қоғамда жасанды интеллект (ЖИ) тек технология саласында ғана емес, білім беру, медицина, экономика, қауіпсіздік, өнеркәсіп сияқты көптеген бағыттарда кеңінен қолданылып келеді. Бұл – цифрлық дәуірдің негізгі қозғаушы күштерінің бірі. Жасанды интеллекттің негізгі қолданбалы мүмкіндіктерін бөліп қарастырсақ: Білім беру саласында біріншіден оқытуды жекелендіру (әр оқушыға жеке оқу траекториясы) қалыптасады. Оқушылардың жеке жұмыстарындағы қателерді анықтап, қосымша түсіндіру ұсынылады. Виртуалды көмекші ретінде жұмыс істеу (мысалы, ChatGPT). Сала әртүрлі бірақ жұмыс істеу қабілеттері қарқынды сондықтан екінші бағыт медицинада ауруларды ерте диагностикалау, медициналық суреттерді талдау. Ешқандай адамның баспайды, көмекші құрал ретінде саналады. Бұл бағыт оқушыларға тиімді ме? Санаға ой келеді бірақ жауап бір: оқушының сыни ойлау қабілеті дамиды; цифрлық сауаттылығы артады; Зерттеу дағдылары қалыптасады; болашақ мамандықтарға дайындық жүреді Алайда, ЖИ-ді дұрыс бағытта

қолдану маңызды. Ол оқушының орнына ойлап беретін құрал емес, керісінше, ойлануға жетелейтін көмекші болуы керек.

Ендігі кезекте жасанды интеллектің қолдану аспектілерін қарастырайық және сол туралы оймен бөлісейік. Ең біріншіден физикада немесе басқа да пәндік оқытылуда әр ғылымдарды оңай әрі тиімді жұмыс істете алады. Платформаларда тестік жұмыс құру үшін тестің сұрақтары мен жауаптарын ЖИ арқылы жасап алуға болады. Біріншіден тиімді және уақыттың орынды жұмсалуы. Сол ойындағы сұрақтар арқылы бүгінгі тақырыпты бекіте аламыз. Физика пәні тек формуламен ғана жұмыс емес, берілген анықтамалар мен шамалар реттілігін білу қажет. 3D платформалар арқылы оқушыларға физикадан әртүрлі құбылыстармен кітаптағы суреттерді жандандыра аламыз. Бұл әрине ЖИ көмегімен AR технологиясы. Интерактивті сабақтар, виртуалды зертханалар, 3D модельдеу. (1-сурет) (AR) физикадағы виртуалды зертханаларды интерактивті және шынайы етудің тиімді тәсілі болып табылады. AR технологиялары арқылы физикалық құбылыстарды визуализациялау және тәжірибе жүргізу мүмкіндігі артады. Физикадағы AR қолдану тәсілдері: Интерактивті тәжірибелер – Оқушылар смартфон немесе планшет арқылы физикалық заңдарды 3D модельдермен көре алады. Мысалы, қозғалыс заңдарын көрсету немесе электр өрістерін визуализациялау. Зертханалық жұмыстарды виртуалды орындау – оқушылар AR көмегімен тәжірибені қауіпсіз жағдайда жасайды. Физика формулаларын нақты мысалдармен көрсету – AR объектілері арқылы Ньютон заңдарын немесе оптика құбылыстарын нақты модельдермен түсіндіру. Кітаптардағы күрделі диаграммалар AR арқылы қозғалыста көрсетіліп, оқу процесін жеңілдетеді. ЖИ көмегімен сабақтардағы кедергілерді ескеріп, оның шешілу жолдарын қарастыруға болады. Mozaika, Phet, vascak плафтормалары арқылы оқушыларға интерактивтік жолдармен көрсетуге болады.



Сурет 1 – ЖИ көмегімен AR технологиясы

Әрбір мұғалім цифрлық технологияларды өз педагогикалық тәжірибесіне тиімді енгізе алады. Бұл тек информатика пәні мұғалімдеріне ғана тән емес, сонымен қатар бастауыш сынып мұғалімдері де, кәсіби шеберлігін арттыруға ұмтылған, заманауи білім беру әдістері мен инновациялық технологияларды меңгеруге ынталы ұстаздар да жасанды интеллекттің мүмкіндіктерін өз жұмысын оңтайландыруға пайдалана алады. AI құралдары арқылы тәжірибелерді виртуалды ортада көрсетуге болады. Мысалы, электромагнетизм, кванттық механика немесе қозғалыс заңдарын 3D симуляция түрінде көрсету. Бұл оқушыларға қауіпсіз әрі көрнекі тәжірибе жасауға мүмкіндік береді. Жасанды интеллект физика мұғаліміне тек көмекші құрал емес, ол – оқытудың жаңа деңгейіне шығаратын серіктес. Мұғалім оны тиімді қолданса, оқушылардың пәнге қызығушылығы артып, білім сапасы жоғарылайды.

Білімді ұсынудың негізгі модельдері мен құнды есептердің тізімі және оларды шешу тәсілдері өткен ғасырдың 80-жылдары қалыптасты. 90-жылдардың басында жасанды интеллект саласындағы есептер мен әдістерге философиялық тұрғыдан көзқарас өзгеріске ұшырады. Соның нәтижесінде жаңа модельдер пайда болды: іздеуді сипаттайтын критериалды тілдер, нейрондық желілер, ықтималдық модельдер.Алайда кейбір мамандар бұл бағыттарды толыққанды модель деп есептемейді. Себебі мұндай модельдер өз қорытындыларын нақты түрде негіздеп, түсіндіре алмайды. Бұл жерде логикалық және өнімдік модельдерге тән, бірақ жаңа модельдерде кездеспейтін бектрекинг (кері іздеу) механизмі туралы айтылып отыр. Сараптамалық жүйелерде алынған шешімді түсіндіре алатын арнайы ішкі (бағыныңқы) жүйе болуы тиіс. Сонымен қатар, критериалды тілдердің пайда болу тарихы жүздеген жылдарға созылады, сондықтан оларды мүлде жаңа деп атау дұрыс бола бермейді. Осылайша, «білімді ұсыну моделі» ұғымына жаңа көзқарас қалыптасты. Ол – тиімді шешімдер қабылдауға мүмкіндік беретін кез келген модель. Ал оның адамның ойлау жүйесіне қаншалықты ұқсас екені немесе өз қорытындысын түсіндіре алуы екінші кезектегі мәселе болып саналады.

Жасанды интеллект (ЖИ) – бұл компьютерлік жүйелердің адам санасына тән әрекеттерді: ақпаратты сараптау, ой қорыту, үйрену және күрделі мәселелерді шешу қабілетін иеленуі. Білім беру стандарттарын жетілдіру – заман ағымына сай жаңа оқыту әдістерін енгізуді талап етеді. Мысалы, оқу үдерісінде мультимедиялық ресурстарды, интерактивті құралдарды қолдану

– білімнің қолжетімділігі мен тиімділігін арттыруға септігін тигізеді. Жасанды интеллект – мұғалімдер үшін мол мүмкіндіктер ұсынатын озық құрал. Ол арқылы оқушылардың үлгерімін сараптап, жеке оқу траекториясын қалыптастыруға болады. Сонымен қатар, ЖИ көмегімен бағалау жүйесін автоматтандырып, мұғалімнің жүктемесін жеңілдетуге де жол ашылады. Оқу материалдарын талдап, тапсырмалар дайындау, рефлексия жүргізу секілді процестерде де ЖИ үлкен көмек бола алады. Білім беру стандарттарының жаңартылуы – заман талабына сай оқытудың жаңа формаларын енгізуді қажет етеді. Осы тұрғыда мультимедиялық және интерактивті технологияларды қолдану – оқыту сапасын арттырудың маңызды жолы. Олар оқу үдерісін көрнекі, тартымды әрі нәтижелі етеді. Мысал ретінде Kahoot! платформасын алатын болсам: бұл сабақ барысында оқушылардың білімін тексеру мен белсенділігін арттыру үшін жиі қолданылатын интерактивті құрал. Қазіргі білім беру жүйесінде мұғалімнің басты мақсаты – оқушының танымдық белсенділігін арттыра отырып, сапалы білім беру. Осы мақсатқа жетудің бір жолы – цифрлық технологияларды тиімді пайдалану. Цифрлық білім беру құралдары оқыту үдерісін жандандырып, оқушылардың қызығушылығын арттырады. Kahoot! – бұл онлайн негізіндегі викторина құралы. Әрбір жауап уақыты мен дұрыстығына байланысты ұпай беріледі. Бұл оқушылар арасында қызықты бәсекелестік туғызады және белсенді қатысуға итермелейді. Сабақ беру құрылымы бойынша, біріншіден сабақтың басында – өткен тақырыпты қайталау; сабақ ортасында – жаңа материалды бекіту; сабақ соңында – кері байланыс және бағалау мақсатында [4]. Өз тәжірибемде 4 апта бойы әр аптада бір сабақта Kahoot тесті қолданылды. Алынған нәтижелер:

– оқушылардың 87 %-ы сабақ қызықты өтті деп жауап берді;

– 74 %-ы тақырыпты тезірек меңгергенін айтты;

– мұғалім оқушылардың белсенділігі мен ынтасы артқанын байқады;

– сабақ үлгерімінде оң өзгерістер байқалды (орташа баға 3,8-ден 4,4-ке өсті)

Kahoot платформасын сабақ үдерісінде қолдану оқушылардың оқу белсенділігін, қызығушылығын және білім сапасын арттыруға ықпал ететіні зерттеу нәтижесінде дәлелденді. Мұндай ойын түріндегі құралдар оқушыларды еркін, шығармашылық тұрғыда ойлануға жетелейді әрі сыныптағы ынтымақтастықты дамытады. Ұсыныс ретінде:

– мұғалімдерге Kahoot! құралын жүйелі және мақсатты түрде пайдалануды ұсыну;

– әр пәнге бейімделген Kahoot! базаларын жасау;

– мұғалімдерге арналған семинар-тренингтер ұйымдастыру арқылы бұл құралды меңгеруге көмектесу [3-5].

Қазіргі қоғамдағы жасанды интеллекттің қолданбалы мүмкіндіктері білім беру жүйесіне тың серпін беріп отыр. Мұғалімнің кәсіби дамуына жаңа жол ашады, себебі цифрлық құралдар арқылы сабақтарды тиімді жоспарлап, оқыту әдістерін жетілдіруге мүмкіндік бар. Білім алушының қызығушылығын арттырады, өйткені интерактивті платформалар, бейімделген тапсырмалар және дербес ұсыныстар оқушыны белсенді қатысуға ынталандырады. Білім сапасын жақсартады, себебі жасанды интеллект деректерді талдап, оқушылардың әлсіз тұстарын анықтап, жеке қолдау көрсетуге жағдай жасайды. Болашақтың білім беру жүйесін қалыптастырады, яғни технологияны меңгерген, жаңашыл мұғалімдер арқылы білім беру үдерісі заманауи талаптарға сай дамиды. Жасанды интеллект – жай ғана қосымша құрал емес, ол мұғалімнің сенімді серігі. Оны дұрыс пайдалана білген ұстаз оқушының қабілетін ашып, білімді қолжетімді әрі қызықты ете алады. Сондықтан, заман талабына бейімделген, технологиямен дос мұғалім – болашақтың білім беру жүйесінің басты тұлғасы.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Выступление Главы государства на расширенном заседании нового Правительства РК URL:https:// baigenews.kz/znaniya-v-epohu-tsifrovizatsii_169633/ . 3. Zabolotska O., Zhyliak N., Hevchuk N., Petrenko N., Alieko O. //Digital competencies of teachers in the transformation of the educational environment / Journal of Optimization in Industrial Engineering. 2021. 14 (1). pp. 43-50. DOI:10.22094/JOIE.2020.677813.

2 Жұмабай Асанов. «Қазақстанның білім беру жүйесіндегі инновациялық әдістер». Нұр-Сұлтан, 2022 https://ksu.edu.kz/kz/science-and-innovation/materials-of-scientific-conferences/altynsarin-readings/innovacii-znaniya-opyt-vektory-obrazovatel-nyh-trekov-kniga-ii/

3 Wang, A. I. (2015). The wear out effect of a game-based student response system. Computers & Education, 82, 217–227. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.11.004

4 Kahoot! (2024). What is Kahoot? – About the platform. Қолжетімді: https://kahoot.com

5 Саметова, Ф., Киынова, Ж., Орынханова, Г. Цифровые образовательные ресурсы как обеспечение нового качества образования // Педагогические науки. – 2022. – №2 (71). – С. 126–134. – ISSN 2520-2634. – eISSN 2520-2650. – DOI: https://doi.org/10.26577/JES.2022.v71.i2.011.

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ВЫПУСКНИКОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

НАЙМАНОВА Д. С.
к.п.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
ДАУТОВА А. З.
старший преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

Развитие цифровых технологий и автоматизации кардинально меняет требования рынка труда к специалистам технических направлений. Современные работодатели предъявляют высокие требования не только к профессиональным знаниям, но и к практическим навыкам, способности к анализу данных, креативному мышлению и адаптивности. В связи с этим актуальной задачей становится разработка эффективных методов оценки конкурентоспособности выпускников высших учебных заведений.

Традиционные формы оценки – экзамены, тестирование и академическая успеваемость – не всегда позволяют комплексно определить уровень подготовки специалиста. В последние годы активно развивается использование технологий искусственного интеллекта в сфере образования, что открывает новые возможности для анализа образовательных результатов и профессионального потенциала выпускников.

Искусственный интеллект представляет собой совокупность технологий, позволяющих компьютерным системам выполнять задачи, требующие интеллектуальной деятельности человека. К таким технологиям можно отнести машинное обучение, анализ больших данных, обработка естественного языка и интеллектуальные экспертные системы.

В образовательной сфере технологии искусственного интеллекта применяются для: анализа академической успеваемости

студентов; прогнозирования образовательных результатов; оценки профессиональных компетенций; формирования индивидуальных образовательных траекторий. Использование интеллектуальных алгоритмов позволяет анализировать большие объемы данных, включая результаты обучения, участие в проектах, практико-ориентированность и отзывы работодателей [1].

Модель оценки конкурентоспособности выпускников представляет собой интеллектуальную систему анализа данных, которая объединяет информацию о профессиональных компетенциях, образовательных результатах и практических навыках выпускников.

Модель состоит из четырёх основных блоков: сбор данных, обработка и анализ данных, оценка компетенций и формирование итогового индекса конкурентоспособности.



Рисунок 1 – Модель оценки конкурентоспособности выпускников технических специальностей на основе технологий искусственного интеллекта

Рассмотрим каждый блок более подробно. На первом этапе происходит сбор информации о студенте из различных источников. Собираемая информация – это академическая успеваемость (оценки, GPA); участие в научных проектах; практическая подготовка и стажировки; цифровое портфолио; участие в хакатонах и конкурсах; отзывы работодателей. Все данные формируются в единую образовательную базу данных.

На втором этапе применяется искусственный интеллект для анализа полученной информации. Используются следующие методы: машинное обучение, анализ больших данных (Big Data), кластеризация студентов по уровню компетенций, предиктивная аналитика (прогноз трудоустройства). Алгоритмы выявляют:

уровень профессиональной подготовки; сильные и слабые стороны выпускника; вероятность успешного трудоустройства.

Для оценки конкурентоспособности используется система ключевых показателей (KPI, таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели оценки

Показатель	Описание
Профессиональные знания	уровень теоретической подготовки
Практические навыки	опыт работы с технологиями
Цифровые компетенции	владение программированием, ИТ-инструментами
Научная активность	участие в исследованиях
Коммуникационные навыки	способность работать в команде
Инновационное мышление	способность к решению нестандартных задач

Каждому показателю присваивается весовой коэффициент.

Итоговый показатель (индекса конкурентоспособности) рассчитывается по формуле:

$$IC = \Sigma (Wi \times Ci)$$

где IC – индекс конкурентоспособности выпускника;
Wi – весовой коэффициент показателя;
Ci – значение компетенции.

Таблица 2 – Пример распределения весов

Критерий	Вес
Профессиональные знания	0.25
Практические навыки	0.25
Цифровые компетенции	0.20
Научная активность	0.10
Коммуникационные навыки	0.10
Инновационное мышление	0.10

Максимальное значение индекса = 1.0

Таблица 3 – Интерпретация результатов

Индекс	Уровень конкурентоспособности
0.80 – 1.00	высокий
0.60 – 0.79	выше среднего
0.40 – 0.59	средний
0.20 – 0.39	низкий

Использование данной модели позволяет: проводить объективную оценку выпускников; прогнозировать успешность трудоустройства; формировать индивидуальные рекомендации для развития компетенций; улучшать образовательные программы университетов.

Конкурентоспособность выпускника представляет собой совокупность профессиональных, личностных и социальных качеств, которые позволяют специалисту успешно конкурировать на рынке труда. К основным факторам конкурентоспособности отнесем уровень профессиональных знаний; практические навыки; владение современными технологиями; способность к инновационному мышлению; коммуникационные и управленческие навыки [2]. Также для выпускников технических специальностей особенно важными являются практическая подготовка, участие в научных проектах и способность работать с современными цифровыми технологиями. Использование технологий искусственного интеллекта позволяет значительно расширить возможности анализа профессиональной подготовки студентов. Интеллектуальные системы могут анализировать: академические результаты обучения; участие студентов в научных и исследовательских проектах; результаты стажировок и практики; цифровое портфолио студента; отзывы преподавателей и работодателей.

На основе этих данных алгоритмы машинного обучения могут формировать комплексную оценку профессиональной подготовки выпускника и прогнозировать его успешность на рынке труда. Например, системы искусственного интеллекта могут выявлять сильные и слабые стороны подготовки студентов, а также предлагать рекомендации по развитию необходимых компетенций. К преимуществам использования искусственного интеллекта в системе оценки выпускников – это объективность оценки (анализ данных осуществляется на основе алгоритмов и статистических моделей), обработка больших объемов информации (системы способны анализировать тысячи параметров одновременно), прогнозирование карьерных перспектив (алгоритмы могут оценивать вероятность успешного трудоустройства выпускников), повышение качества образовательных программ (анализ результатов позволяет университетам корректировать учебные планы). Несмотря на значительные преимущества, использование искусственного интеллекта в образовательной сфере связано с рядом проблем. К ним отнесем необходимость защиты персональных данных студентов;

возможная алгоритмическая предвзятость; высокая стоимость внедрения технологий; необходимость подготовки специалистов для работы с интеллектуальными системами. Поэтому внедрение подобных технологий должно сопровождаться разработкой нормативных и этических стандартов.

Использование технологий искусственного интеллекта открывает новые перспективы для повышения эффективности оценки конкурентоспособности выпускников технических специальностей. Интеллектуальные системы анализа данных позволяют учитывать широкий спектр факторов, влияющих на профессиональную подготовку студентов, и формировать более объективную оценку их потенциала [3]. Внедрение подобных технологий способствует развитию современной системы образования, повышению качества подготовки специалистов и укреплению взаимодействия между университетами и работодателями. В перспективе использование искусственного интеллекта может стать одним из ключевых инструментов формирования конкурентоспособных кадров для цифровой экономики.

Данная статья выполнена в рамках проекта № AP23489805 «Методика интеллектуального анализа данных для выявления факторов, влияющих на профессиональное развитие студентов в технических специальностях» за счет грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан

ЛИТЕРАТУРА

1 Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – Pearson, 2021.

2 Luckin R. Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education. – UCL Press, 2018.

3 Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial Intelligence in Education. – Center for Curriculum Redesign, 2019.

ОБЗОР И АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ И ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

НАЙМАНОВА Д. С.
к.п.н., профессор Торайгыров университет, г. Павлодар
САДРИЕВ В. Р.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

В последние годы наблюдается стремительное развитие технологий искусственного интеллекта, оказывающее существенное влияние на сферу информационных технологий. Искусственный интеллект (ИИ) активно внедряется в программную инженерию для решения традиционных задач, однако целостное понимание текущего состояния исследований остается ограниченным. Проведённый синтез научных работ позволил выделить ключевые направления, включая обработку естественного языка, применение ИИ в управлении жизненным циклом разработки, использование машинного обучения для прогнозирования дефектов и оценки трудозатрат, а также анализ программных репозиториев для повышения качества ПО. Лидерами по числу публикаций являются Китай, США и Индия, при высокой доле финансируемых исследований, что отражает значительный интерес к данной области. Интеграция ИИ способствует повышению качества программных продуктов и снижению ресурсных затрат. Если ранее автоматизация IT-процессов основывалась преимущественно на жестко заданных алгоритмах и сценариях, то в современных условиях все более широкое распространение получают методы, способные адаптироваться к изменяющимся данным и условиям функционирования систем [1, с. 1].

Данная тенденция обусловлена ростом сложности программных продуктов, увеличением объёмов обрабатываемой информации и необходимостью повышения эффективности работы специалистов. Современные разработчики и инженеры сталкиваются с широким спектром задач, включающих анализ программного кода, тестирование, мониторинг систем, обработку инцидентов и техническую поддержку пользователей. Значительная часть этих задач носит рутинный характер, однако требует значительных временных и интеллектуальных затрат. В этих условиях использование технологий искусственного интеллекта становится

не просто актуальным, а необходимым направлением развития отрасли. Применение ИИ позволяет не только автоматизировать отдельные операции, но и обеспечить интеллектуальную поддержку специалистов за счёт анализа данных, формирования рекомендаций и прогнозирования возможных проблем.

Целью настоящего исследования является анализ современных подходов к применению искусственного интеллекта в IT-процессах, а также выявление их преимуществ, ограничений и перспектив развития.

Анализ научных публикаций показывает устойчивый рост интереса к данной тематике, что связано как с развитием технологий машинного обучения, так и с потребностями индустрии [2, с. 1]. В настоящее время можно выделить несколько ключевых направлений применения искусственного интеллекта в сфере информационных технологий.

Одним из наиболее значимых направлений является анализ и генерация программного кода. Современные интеллектуальные системы способны автоматически дополнять код, выявлять потенциальные ошибки и предлагать варианты их исправления. Более того, модели на основе глубокого обучения могут генерировать фрагменты кода на основе текстового описания задачи, что существенно ускоряет процесс разработки и снижает вероятность ошибок [3, с. 1]. Не менее важным направлением является автоматизация тестирования программного обеспечения. Использование методов машинного обучения позволяет генерировать тестовые сценарии, определять наиболее уязвимые участки кода и оптимизировать процесс тестирования. Это способствует повышению качества программных продуктов и сокращению времени их разработки [4, с. 2].

Особое место занимает применение ИИ в системах мониторинга и управления IT-инфраструктурой (AIOps). В условиях роста сложности распределённых систем становится критически важным своевременное обнаружение и предотвращение сбоев. Интеллектуальные системы анализируют журналы событий, метрики и другие данные, выявляют аномалии и прогнозируют возможные инциденты, что позволяет перейти от реактивного подхода к проактивному управлению [5, с. 4].

Кроме того, технологии обработки естественного языка активно используются для создания интеллектуальных систем поддержки пользователей. Чат-боты и виртуальные ассистенты

способны обрабатывать запросы, предоставлять справочную информацию и участвовать в решении технических задач. Это позволяет существенно снизить нагрузку на службы поддержки и повысить скорость обработки обращений [1, с. 6].

Отдельного внимания заслуживает применение искусственного интеллекта в области кибербезопасности. Интеллектуальные системы способны анализировать поведение пользователей и выявлять подозрительную активность, что позволяет своевременно обнаруживать угрозы и предотвращать атаки. Обобщение рассмотренных направлений представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Направления применения искусственного интеллекта в IT

Направление применения	Основные задачи	Используемые технологии	Преимущества	Ограничения
Анализ и генерация кода	Автодополнение, поиск ошибок	NLP, LLM	Ускорение разработки	Возможны неточности
Тестирование ПО	Генерация тестов, поиск багов	ML, анализ кода	Повышение качества	Требуются данные
AIOps	Мониторинг, прогноз сбоев	ML, анализ логов	Раннее выявление проблем	Сложность внедрения
Поддержка пользователей	Ответы на запросы	NLP, чат-боты	Снижение нагрузки	Ограниченность понимания
Кибербезопасность	Поиск уязвимостей	ML, поведенческий анализ	Повышение безопасности	Ложные срабатывания

Эффективное внедрение технологий искусственного интеллекта требует построения соответствующей архитектуры информационных систем. Как правило, такие системы включают этапы сбора данных из различных источников (репозитории кода, системы мониторинга, журналы событий), их предварительной обработки и хранения. Далее осуществляется анализ данных с использованием моделей машинного обучения, результаты которого представляются в виде рекомендаций или прогнозов.

Важным аспектом является обеспечение интерпретируемости результатов работы моделей, поскольку недостаточная прозрачность алгоритмов может снижать доверие пользователей к системе. Кроме того, необходимо учитывать вопросы интеграции интеллектуальных решений в существующую IT-инфраструктуру.

Применение искусственного интеллекта в сфере информационных технологий обладает рядом значительных

преимуществ. К ним относятся повышение эффективности работы, сокращение временных затрат, улучшение качества программных продуктов и возможность обработки больших объёмов данных. Вместе с тем существуют и определённые ограничения, включая зависимость от качества обучающих данных, высокие требования к вычислительным ресурсам и сложность внедрения [4, с. 10]. Сравнительный анализ традиционных и интеллектуальных методов обработки данных представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительный анализ традиционных и интеллектуальных методов обработки данных

Критерий	Традиционные методы	Методы с использованием ИИ
Гибкость	Низкая	Высокая
Адаптация к данным	Отсутствует	Присутствует
Скорость обработки	Средняя	Высокая
Требования к данным	Низкие	Высокие
Интерпретируемость	Высокая	Ограниченная

Таким образом, проведённое исследование показывает, что технологии искусственного интеллекта обладают значительным потенциалом для автоматизации и поддержки процессов в сфере информационных технологий. Их использование позволяет повысить эффективность деятельности специалистов, улучшить качество программных решений и обеспечить более высокий уровень устойчивости IT-систем.

В то же время дальнейшее развитие данного направления требует решения ряда задач, связанных с повышением качества данных, улучшением интерпретируемости моделей и их интеграцией в реальные производственные процессы. Это определяет перспективность дальнейших исследований в данной области.

ЛИТЕРАТУРА

1 Kokol P. The Use of AI in Software Engineering: A Synthetic Knowledge Synthesis of the Recent Research Literature // mdpi Information. - 2024. - Vol. 15, No. 6.

2 Kavuri S. AI-Driven Automation Techniques for Enhanced Software Testing Efficiency // International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering. – 2022.

3 Wong M.-F. Natural Language Generation and Understanding of Big Code for AI-Assisted Programming: A Review // mdpi Entropy. - 2023.

4 Kazimov T. Research of intelligent methods of software testing // Journal of Information and Applied Systems Analysis. – 2021.

5 Gudala L. AIOps in Action: Streamlining IT Operations Through Artificial Intelligence // International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering. – 2024.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ВЫЯВЛЕНИЮ ДЕФЕКТОВ АВТОМОБИЛЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

ОНДАСЫНОВ А. Р.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ТОКЖИГИТОВА Н. К.
профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В статье представлен систематический обзор методов и программных решений для автоматизированного выявления дефектов автомобилей по изображению. Последовательно рассмотрены три класса подходов: традиционные методы компьютерного зрения, классические модели машинного обучения и современные методы глубокого обучения. Особое внимание уделено архитектурам семейства YOLO применительно к задачам контроля кузова. На основе сравнительного анализа обоснован выбор архитектуры для разработки информационной системы автоматизированной диагностики повреждений транспортных средств.

Рынок подержанных автомобилей является ключевым элементом современной экономической системы, обеспечивающим связь между предложением и потребительским спросом. Масштабы этого сектора значительны: на развитых рынках объемы продаж подержанных машин могут в два-три раза превышать продажи новых автомобилей [1]. В условиях столь высокого оборота визуальная оценка состояния кузова и анализ факторов износа (пробег, год выпуска, история ДТП) становятся критически важными для определения справедливой стоимости. Тем не менее традиционная ручная инспекция остается трудоемкой и субъективной процедурой, склонной к ошибкам и пропуску мелких дефектов, что создает риски для участников рынка и снижает эффективность продаж.

Непрерывное развитие методов машинного обучения и компьютерного зрения позволяет автоматизировать процесс выявления поверхностных повреждений. Анализ фотографий автомобиля позволяет обнаруживать царапины, вмятины, трещины и разрушения стекол без участия эксперта. Тем не менее достижение точного и устойчивого распознавания в неконтролируемых условиях съёмки по-прежнему остаётся нерешённой задачей.

Цель настоящей работы – систематизировать существующие методы выявления дефектов автомобилей по изображению, выявить их ключевые преимущества и ограничения, а также сформировать обоснование выбора архитектуры для разработки информационной системы автоматизированной диагностики.

Классификация методов выявления дефектов на основе изображений. Методы автоматизированного выявления дефектов на изображениях можно разделить на три класса: традиционные методы компьютерного зрения; классические методы машинного обучения; методы глубокого обучения. Каждый класс характеризуется своими требованиями к данным, вычислительным ресурсам и достигаемой точностью.

Традиционные методы компьютерного зрения до широкого распространения глубокого обучения основным инструментом являлись классические алгоритмы обработки сигналов: выделение границ, пороговая сегментация, морфологические операции, текстурные дескрипторы.

Показательным примером является автоматизированная система инспекции поверхностных дефектов (AIS), предложенная Zhou и соавторами [2]. Стенд включает пять CCD-камер на трёхосевых роботизированных рельсах; сканирование выполняется в закрытой среде по схеме тёмного поля освещения. Алгоритм состоит из трёх этапов: предобработка по модели Фонга с суперпозицией шести кадров; многомасштабная бинаризация дефектов методом матрицы Гессе (DBHM) на трёх масштабах; классификация SVM. Система достигает точности 95,6% для вмятин и 97,1% для царапин при минимальном размере дефекта 0,5 мм, обрабатывая один автомобиль за 1 мин 50 сек против 10–15 мин при ручной инспекции [2, с. 3].

Схожий подход реализован в работе Yang и соавторов [3]: вейвлет-преобразование с математической морфологией используется для выделения краёв дефектов; слияние геометрических признаков с SIFT-дескрипторами передаётся в SVM, параметры

которого оптимизированы алгоритмом серого волка (GWO). Главным ограничением традиционных подходов остаётся жёсткая зависимость от условий съемки и необходимость ручного Feature Engineering.

Классические методы машинного обучения. Применение классических моделей машинного обучения, в которых вручную сконструированные дескрипторы (HOG, LBP, SIFT, Gabor) передаются в обученный классификатор (SVM, Random Forest).

Kwon и соавторы [4] предложили детектор дефектов поверхности на основе Random Forest с дескриптором VOV (Variance of Variance), усиливающим нерегулярности яркости, характерные для царапин. Ключевым достоинством метода является универсальность: VOV+RF работает без перенастройки параметров на разнородных кузовных поверхностях. Процедура hard sample retraining снижает долю ложных срабатываний.

Sulistyaningrum и соавторы [5] исследовали связку HOG + многоклассовый SVM: признаки извлекались в окнах 16×16 пикселей, классификация по стратегии One-vs-All достигла точности 78,85%. Этот результат демонстрирует принципиальную применимость HOG+SVM к структурированным дефектам, однако существенно уступает методам глубокого обучения по устойчивости к сложным условиям съёмки.

Методы глубокого обучения. Сверточные нейронные сети устраняют необходимость ручного проектирования признаков, автоматически извлекая иерархические представления из данных. Трансферное обучение позволяет эффективно применять веса, полученные на ImageNet, к задачам диагностики кузовов при ограниченном объёме размеченных данных.

De Deijn [6] рассмотрел задачу классификации четырёх типов повреждений (вмятина, стекло, град, царапина) с применением CNN и трансферного обучения, показав, что даже на небольшом специализированном датасете из 1 007 изображений возможно достичь приемлемой точности. Kortli и соавторы [7] предложили гибридную архитектуру CNN Encoder-Decoder + LSTM для обнаружения полос движения, достигнув F1 = 97,42% и Recall = 97,54% при развёртке на встраиваемом NVIDIA Jetson Xavier NX. Данная архитектура подтверждает применимость CNN-LSTM для детектирования протяжённых структурных дефектов в реальном времени.

Среди архитектур детектирования объектов наиболее востребованным является семейство YOLO (You Only Look Once): одностадийный детектор обрабатывает изображение за один проход, обеспечивая высокое быстродействие. Li и соавторы [8] разработали HL-YOLO – версию YOLOv8 с гибридными слоями для совместного учёта локальных и глобальных признаков дефекта; на датасете повреждений кузова Precision достигла 93,1%, Recall = 88,4% [8, с.14]. Наиболее полный сравнительный анализ YOLO-архитектур выполнен Loureiro и соавторами [9]: на синтетическом датасете SYNDCAR тестировались YOLOv8-X, YOLOv10, YOLOv11 и YOLOv12. YOLOv8-X показал наивысшую точность детектирования, YOLOv12-S – наилучший баланс точность/скорость. Оптимизация TensorRT (FP16/INT8) сократила время инференса на GPU на ≈ 71%, а энергопотребление на 65% [9, с.18], что критически важно при развёртке в мобильных инспекционных системах.

Датасеты для выявления дефектов автомобилей. Качество обучающих данных является ключевым фактором точности модели. В задаче детектирования дефектов автомобилей публично доступных датасетов крайне мало. Wang и соавторы предложили CarDD – датасет из 4 000 изображений с шестью классами повреждений (вмятина, царапина, трещина, разбитое стекло, сломанный фонарь, спущенная шина), включающий аннотации формата COCO для задач обнаружения и сегментации [10]. Это один из немногих открытых датасетов в данной области.

Синтетический датасет SYNDCAR сформирован путём генерации реалистичных повреждений с помощью генеративного ИИ непосредственно на фотографиях автомобилей, без физического уничтожения транспортных средств. Подход обеспечивает точно аннотированные пары «оригинал/повреждение» и особенно ценен в условиях дефицита реальных данных.

В таблице 1 представлен обобщённый сравнительный анализ рассмотренных подходов по ключевым характеристикам.

Таблица 1 – Сравнение методов выявления дефектов автомобилей

Авторы	Архитектура	Точность	Ключевые особенности
Zhou 2019	AIS + Hessian + SVM	97,1 %	Контролируемая среда, дефект ≥ 0,5 мм
Yang 2025	Wavelet + SIFT + SVM + GWO	–	Шум-устойчивость, оптимизация GWO
Kwon 2015	Random Forest + VOV	–	Универсальность по типу поверхности

Sulistyaningrum 2021	HOG + SVM (One-vs-All)	78,85 %	Простота реализации
De Deijn 2018	CNN + Transfer Learning	–	4 класса, малый датасет (1 007 изобр.)
Kortli 2022	CNN-Encoder-Decoder + LSTM	F1=97,42 %	Embedded, NVIDIA Jetson Xavier NX
Li 2025	HL-YOLO (YOLOv8)	P=93,1 %	Гибридные слои, кузовные дефекты
Loureiro 2026	YOLOv12-S + TensorRT	наивысшая	−71 % инференс, −65 % энергопотребление
Wang 2023	CarDD Dataset	–	4 000 изобр., 6 классов, открытый

Проведённый анализ позволяет выявить следующие закономерности. Традиционные методы (AIS, Hessian + SVM) достигают высоких показателей только в строго контролируемых условиях промышленного конвейера. Классические ML-методы (HOG + SVM, RF + VOV) работоспособны при ограниченных вычислительных ресурсах, однако уступают методам глубокого обучения по точности и обобщающей способности. Архитектуры семейства YOLO (особенно YOLOv12-S с оптимизацией TensorRT) наиболее перспективны для встраиваемых и мобильных инспекционных платформ, обеспечивая высокую точность при минимальном времени инференса [9, с.17].

В настоящей работе проведён систематический обзор методов автоматизированного выявления дефектов автомобилей на основе анализа изображений. Показано, что эволюция подходов прошла путь от алгоритмов с ручным проектированием признаков (Hessian-фильтры, HOG, SVM) к сквозному глубокому обучению на основе CNN и трансформеров.

По совокупности характеристик наиболее перспективной для разработки информационной системы диагностики кузовных дефектов является архитектура YOLOv8: она обеспечивает mAP выше 90 % при скорости, достаточной для обработки изображений в реальном времени, и допускает квантизацию для развёртки на мобильных платформах. Ключевым ограничением остаётся дефицит публично доступных размеченных датасетов, который может быть компенсирован синтетической генерацией данных или методами Few-shot learning.

Перспективы дальнейших исследований связаны с практической реализацией предложенных подходов в рамках разработки интеллектуального ассистента для автоматизированной оценки повреждений. В качестве базового алгоритмического ядра системы выбрана архитектура YOLOv26L, представляющая собой наиболее актуальное решение в области одностадийных детекторов на 2026 год. Ожидается, что использование YOLOv26L в связке с интерактивным интерфейсом бота позволит не только

достичь субсекундного времени отклика при анализе снимков, но и обеспечит необходимую точность классификации сложных дефектов в условиях переменного освещения. Итогом работы станет программно-аппаратный комплекс, способный перевести процесс первичной диагностики кузова в полностью автономный режим.

ЛИТЕРАТУРА

1 Sun, Y. et al. Used car market overview and dynamics. International Journal of Automotive Technology and Management, 2024. DOI:10.54254/2753-8818/36/20240532

2 Zhou Q., Chen R., Huang B., Liu C., Yu J., Yu X. An automatic surface defect inspection system for automobiles using machine vision. Sensors, 2019, vol. 19, no. 3, p. 644. https://doi.org/10.3390/s19030644

3 Yang Z., He Y., Zhang Z., Liu Y., Li X., Zhang D. Research on detection and classification of automotive body surface defects based on image processing and machine learning. Measurement Science and Technology, 2025, vol. 36, p. 015408. DOI:10.1088/1361-6501/ad80b5

4 Kwon, BK., Won, JS. & Kang, DJ. Fast defect detection for various types of surfaces using random forest with VOV features. Int. J. Precis. Eng. Manuf. 16, 965–970 (2015). https://doi.org/10.1007/s12541-015-0125-y

5 Sulistyaningrum, D. R., Putri, S. A. M., Setiyono, B., Ahyudanari, E., & Oranova, D. (2021). Classification of Damaged Road Types Using Multiclass Support Vector Machine (SVM). Journal of Physics: Conference Series, 1821(1), Article 012048. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1821/1/012048

6 De Deijn B. Automatic car damage classification using convolutional neural networks and transfer learning. Bachelor's Thesis, Delft University of Technology, 2018. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4979301

7 Kortli Y., Gabsi S., Lew Yan Voon L. F. C., Jridi M., Merzougui M., Atri M. Deep embedded hybrid CNN-LSTM network for lane detection on NVIDIA Jetson Xavier NX. Knowledge-Based Systems, 2022, vol. 240, p. 107941. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:245822831

8 Li X. et al. HL-YOLO: Hybrid-layer YOLO for fine-grained vehicle damage detection. Expert Systems with Applications, 2025. https://doi.org/10.3390/wevj16120640

9 Loureiro C., Dixe S., Neto C., Silva A., Miranda B., Rodrigues R., da Costa N. M. C., Ferreira C., Peixoto H., Machado J., Fernandes D. From synthetic data to real-world efficiency: Automated vehicle damage

detection and vehicle parts segmentation. IEEE Access, 2026, vol. 14. DOI:10.1109/ACCESS.2026.3653645.

10 Wang C., Zhao X., Song C. et al. CarDD: A new dataset for vision-based car damage detection. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2023, vol. 24, no. 7, pp. 7202–7214. DOI:10.1109/TITS.2023.3258480

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛИЧНЫМИ ФИНАНСАМИ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

ОСПАНОВА Н. Н.
к.т.н., доцент, Торайгыров университет, г. Павлодар
АХМЕТ Д. М.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) в последние годы коренным образом меняют облик финансовой индустрии. Если прежде автоматизация затрагивала преимущественно корпоративный сектор торговые алгоритмы, банковский скоринг, управление рисками, то сегодня интеллектуальные инструменты активно проникают в область управления личными финансами рядовых граждан [1].

Системы класса Personal Finance Management (PFM) прошли путь от простых электронных таблиц до многофункциональных платформ, способных в режиме реального времени анализировать транзакции, прогнозировать расходы, выявлять аномалии и формировать персонализированные рекомендации. Ключевым фактором этой трансформации стало применение алгоритмов МО, обработки естественного языка и предиктивной аналитики [2].

Научный интерес к данной теме неуклонно растёт. Библиометрические исследования Bahoo et al. [3] и Pattnaik et al. [4] фиксируют существенное ускорение публикационной активности по смежной проблематике, особенно заметное после 2019 г. Тем не менее большинство обзоров охватывают корпоративные финансы или банковский сектор в целом, оставляя в стороне специфику персональных финансов и потребностей частных лиц.

Цель данной статьи систематизировать актуальные научные публикации 2020–2024 гг. по тематике интеллектуальных PFM-систем, дать характеристику основным направлениям и методам ИИ,

провести сравнительный анализ существующих решений, а также выявить нерешённые проблемы и перспективы для дальнейших исследований.

Для формирования выборки источников использовались базы данных Web of Science, Scopus и Google Scholar. Поисковые запросы включали термины и их сочетания: «personal finance management», «AI-driven budgeting», «machine learning personal finance», «intelligent PFM system», «financial AI assistant», «robo-advice personal finance». Временной диапазон отбора 2020–2024 гг.; для характеристики долгосрочных тенденций привлекались также ранние библиометрические работы.

Критерии включения: наличие полного текста в открытом или институциональном доступе; рецензирование либо публикация в авторитетном рабочем документе международной организации; непосредственная связь с применением ИИ или МО в системах управления финансами физических лиц. После фильтрации по этим критериям в обзор вошли наиболее релевантные источники, которые и легли в его основу.

Анализ литературы позволяет выделить несколько ключевых направлений применения ИИ в системах управления личными финансами. Их соотношение по охвату в исследованиях представлено на рисунке 1.

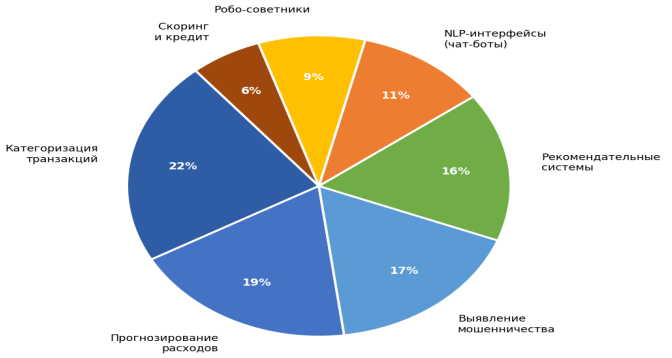


Рисунок 1 – Распределение публикаций по направлениям применения ИИ в PFM-системах

Центральное место в большинстве работ занимает задача автоматической категоризации транзакций. Именно точная и своевременная классификация операций является фундаментом,

на котором строятся все остальные функции PFM-системы: без неё невозможны ни анализ структуры расходов, ни прогнозирование, ни формирование рекомендаций. Talasila [2] в описании системы MyFinanceAI показывает, как комбинация алгоритмов градиентного бустинга и нейронных сетей позволяет автоматически разносить транзакции по широкому перечню категорий в реальном времени, не требуя участия пользователя.

Прогнозирование расходов представляет второе по значимости направление. Здесь исследователи, как правило, обращаются к рекуррентным нейронным сетям и их разновидностям, хорошо зарекомендовавшим себя при анализе временных рядов. Такие модели способны улавливать сезонные паттерны потребления, предупреждать пользователя о приближающихся кассовых разрывах и автоматически корректировать бюджетный план с учётом изменений в финансовом поведении [2].

Выявление финансовых аномалий и мошеннических операций является особенно востребованным с точки зрения безопасности пользователя. Алгоритмы обнаружения выбросов, обученные на истории транзакций, позволяют в реальном времени сигнализировать о нетипичных списаниях или нехарактерных паттернах расходов, не требуя от пользователя ручного мониторинга операций [2].

Рекомендательные системы нацелены на персонализированные советы по накоплению, распределению средств и достижению финансовых целей. Bahoo et al. [3] указывают, что персонализация наряду с предиктивной аналитикой входит в тройку ведущих направлений применения ИИ в финансах. Ключевая задача здесь состоит в том, чтобы рекомендации воспринимались пользователем не как абстрактные правила, а как конкретный совет, учитывающий его реальное финансовое положение.

NLP-интерфейсы и финансовые чат-боты представляют наиболее молодое, но стремительно развивающееся направление. Распространение больших языковых моделей существенно снизило порог входа для создания диалоговых финансовых ассистентов: пользователь теперь может задать вопрос о своём бюджете в произвольной форме и получить содержательный ответ. Aldasoro et al. [5] отмечают, что генеративный ИИ уже активно внедряется в финансовых институтах для улучшения клиентского взаимодействия, хотя риски, связанные с недостоверными ответами моделей, пока остаются актуальными.

Отдельного внимания заслуживает направление роботизированного инвестиционного консультирования (robo-advice). Алгоритмы автоматически формируют и ребалансируют инвестиционный портфель в соответствии с заданным профилем риска пользователя. Nowakowski и Waliszewski [7] рассматривают правовую сторону этого явления и подчёркивают, что концепция Finance 4.0 требует принципиально нового подхода к регулированию, поскольку алгоритм де-факто берёт на себя функцию лицензированного финансового советника.

Среди применяемых методов ИИ выделяются несколько устойчивых подходов. Алгоритмы глубокого обучения прежде всего многослойные нейронные сети и трансформеры доминируют в задачах классификации и генерации текста. Их популярность обусловлена способностью выявлять скрытые паттерны в больших объёмах транзакционных данных без явного задания признаков.

Ансамблевые методы, в первую очередь градиентный бустинг (XGBoost, LightGBM), широко применяются в задачах классификации транзакций и кредитного скоринга. По сравнению с нейронными сетями они отличаются более высокой интерпретируемостью на табличных данных, что немаловажно в контексте требований финансовых регуляторов к прозрачности алгоритмических решений. Goodell et al. [6] фиксируют, что методы МО в целом вытеснили классические эконометрические подходы в финансовых исследованиях, начиная примерно с середины 2010-х гг.

Для задач, связанных с анализом временных рядов, прогнозирование расходов по месяцам, выявление сезонности исследователи отдают предпочтение рекуррентным нейронным сетям (LSTM, GRU). Методы обработки естественного языка обеспечивают семантический разбор описаний транзакций, классификацию по тексту и построение диалоговых интерфейсов. Наконец, алгоритмы обнаружения аномалий Isolation Forest, автоэнкодеры используются для выявления нетипичных операций в потоке пользовательских данных [2, 5].

В таблице 1 представлен структурированный обзор наиболее значимых научных работ, вошедших в данный обзор, с указанием применяемых методов и основного вклада в область знаний.

Таблица 1 – Сравнительный анализ ключевых публикаций по ИИ в PFM-системах

Автор, год	Источник	Метод / подход	Вклад в область знаний
Talasila S. D., 2024	IRJET, Vol. 11, № 7	ML, глубокие нейронные сети, NLP	Описана полноценная архитектура PFM-системы с модулями категоризации, прогнозирования, выявления аномалий и роботизированного инвестконсультирования
Bahoo S. et al., 2024	SN Business & Economics, Vol. 4(2)	Библиометрия, контент-анализ	Систематизирована литература по ИИ в финансах (1992–2021); выделены три ведущих направления: прогнозирование, классификация, анализ больших данных
Pattnaik D. et al., 2024	Heliyon, Vol. 10, e23492	PRISMA, кластерный анализ	Проанализировано свыше 39 тысяч публикаций из Scopus; выявлено девять тематических кластеров применения ИИ в секторе финансовых услуг
Aldasoro I. et al. (BIS), 2024	BIS Working Papers, № 1194	Аналитический обзор, ML, GenAI	Описаны возможности и системные риски ИИ для финансовой стабильности; рассмотрены четыре ключевые функции ИИ в финансах
Nowakowski M., Waliszewski K., 2021	Przegląd Ustawodawstwa Gospodarczego, № 8	Правовой и экономический анализ	Рассмотрены регуляторные аспекты роботизированного консультирования и алгоритмического управления личными финансами в рамках концепции Finance 4.0
Goodell J. W. et al., 2021	J. of Behavioral and Experimental Finance, 32	Библиометрия, кластеризация	Сформирована карта научных кластеров по ИИ/МО в финансах; зафиксировано доминирование методов МО над эконометрическими подходами начиная с 2015 г.

Как видно из таблицы 1, публикации чётко разделяются на два типа. Первый – технические работы, описывающие конкретные системы с экспериментальными результатами (Talasila, 2024). Второй – библиометрические и аналитические обзоры, которые систематизируют предметную область, не предлагая собственной реализации (Bahoo et al., 2024; Pattnaik et al., 2024; Goodell et al., 2021). Такой дисбаланс указывает на дефицит прикладных исследований, проверяющих теоретические положения в реальных пользовательских условиях.

Сравнительный анализ существующих коммерческих PFM-систем приведён в таблице 2. Он позволяет выявить ключевые различия в подходах к автоматизации и степени интеграции ИИ-компонентов.

Таблица 2 – Сравнительный анализ коммерческих PFM-систем

Система	ИИ-компоненты	Сильные стороны	Ограничения
Mint (Intuit)	ML-классификатор, правила	Широкая интеграция с банками; большая пользовательская база	Закрыт в январе 2024 г.; ориентирован только на рынок США
YNAB	Отсутствуют	Чёткая методология бюджетирования; высокая вовлечённость пользователей	Полностью ручной ввод; нет автоматизации и прогнозирования
Wallet (BudgetBakers)	Правила + элементы ML	Поддержка нескольких банков; мультивалютность	Ограниченная интеграция с банками СНГ; слабая персонализация
MyFinanceAI (Talasila, 2024)	Gradient Boosting, DNN, LSTM, NLP, Isolation Forest	Полный набор ИИ-модулей; высокая точность категоризации; робо-советник	Исследовательский прототип; открытый код не опубликован; ориентирован на рынок США

Примечательно, что крупнейший коммерческий PFM-сервис Mint, принадлежащий компании Intuit, был закрыт в январе 2024 г. после шестнадцати лет работы. Этот факт свидетельствует о том, что широкая пользовательская база и развитая технологическая инфраструктура сами по себе не гарантируют устойчивости бизнес-модели PFM-продукта. Закрытие Mint обнажило и другую тенденцию: рынок PFM-решений характеризуется полярностью подходов с одной стороны, полностью автоматизированные ИИ-платформы, с другой системы, намеренно отказывающиеся от автоматизации в пользу дисциплинированного ручного учёта (YNAB).

Aldasoro et al. [5] выделяют три системных риска, которые ИИ создаёт для финансовой системы в целом: концентрацию рыночной власти у технологических компаний, владеющих данными; риск процикличности при массовом использовании схожих алгоритмов; а также проблему алгоритмической подотчётности, когда надзорные органы лишены возможности содержательно проверить логику принятия решений автономными ИИ-агентами. Эти наблюдения в полной мере применимы и к персональным PFM-системам, имеющим доступ к чувствительным финансовым данным пользователей.

Отдельную проблему представляет защита персональных данных. Эффективное обучение моделей категоризации и прогнозирования требует доступа к детализированной

транзакционной истории, что вступает в противоречие с принципом минимизации данных, закреплённым в современных регуляторных актах. Goodell et al. [6] констатируют, что вопросы этики ИИ и поведенческих предубеждений алгоритмов остаются одними из наименее изученных тем в финансовой ИИ-литературе, что само по себе является индикатором существующего исследовательского пробела.

Несмотря на значительный прогресс, достигнутый в данной области, анализ литературы позволяет выявить ряд системных проблем, которые по-прежнему требуют решения.

Первая из них – интерпретируемость алгоритмических решений. Современные модели глубокого обучения демонстрируют высокую точность, однако пользователь, как правило, не может получить понятного объяснения конкретной рекомендации. Это порождает недоверие к системе и снижает готовность следовать её советам. Методы объяснимого ИИ (XAI) активно развиваются в общей теории МО, однако их целенаправленное применение в PFM-контексте изучено недостаточно [5].

Вторая проблема – географическая и языковая ограниченность существующих систем. Подавляющее большинство исследований выполнено на данных рынков США и Западной Европы, а обучающие корпуса для NLP-компонентов формируются преимущественно на английском языке. Специфика платёжной инфраструктуры, потребительских паттернов и языкового контекста стран Центральной Азии в том числе Казахстана практически не отражена в научной литературе. Этот пробел открывает перспективное направление для отечественных исследователей [3, 4].

Третья проблема – отсутствие стандартизованных бенчмарков. Различные авторы используют несовместимые метрики, разные таксономии категорий и неопубликованные датасеты, что делает объективное сравнение предложенных решений между собой практически невозможным. Публикация открытых тестовых наборов данных для PFM-задач способствовала бы существенному ускорению прогресса в данной области.

Наконец, долгосрочные поведенческие эффекты применения ИИ-ассистентов в личном бюджетировании остаются практически неизученными. Большинство пилотных испытаний охватывают период до шести месяцев и фиксируют краткосрочные изменения. Вопрос о том, формируют ли интеллектуальные PFM-системы

устойчивые финансовые привычки или лишь временно активируют интерес пользователя к бюджетированию, требует специально спроектированных лонгитюдных исследований [6, 7].

Проведённый обзор научных публикаций 2020–2024 гг. позволяет сформулировать несколько обобщающих выводов о современном состоянии исследований в области интеллектуальных систем управления личными финансами.

Интерес исследовательского сообщества к применению ИИ в данной сфере неуклонно и ускоренно растёт, что подтверждается данными ведущих библиометрических работ. Доминирующими направлениями являются автоматическая категоризация транзакций, прогнозирование расходов и выявление финансовых аномалий; активно развиваются рекомендательные системы и NLP-ориентированные интерфейсы.

Наиболее востребованными методами выступают алгоритмы глубокого обучения и ансамблевые методы для задач классификации, а также рекуррентные сети для прогнозирования временных рядов. В то же время в литературе сохраняется заметный дисбаланс: обобщающих аналитических обзоров значительно больше, чем прикладных работ с верифицируемыми экспериментальными результатами.

Ключевыми нерешёнными проблемами остаются интерпретируемость моделей, защита персональных данных, отсутствие стандартизованных бенчмарков и географическая ограниченность существующих решений. Адаптация интеллектуальных PFM-систем к специфике казахстанского рынка с учётом языкового контекста, локальной банковской инфраструктуры и поведенческих особенностей пользователей представляет собой актуальное и практически значимое направление для дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1 Pallathadka H., Ramirez-Asis E. H. et al. Applications of artificial intelligence in business management, e-commerce and finance // Materials Today: Proceedings. – 2021. – Vol. 80. – P. 2610–2613. [на англ. яз.]

2 Talasila S. D. AI-Driven Personal Finance Management: Revolutionizing Budgeting and Financial Planning // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). – 2024. – Vol. 11, № 7. – P. 397–403. [на англ. яз.]

3 Bahoo S., Cucculelli M., Goga X., Mondolo J. Artificial intelligence in Finance: a comprehensive review through bibliometric and content analysis // SN Business & Economics. – 2024. – Vol. 4 (2). – Article 23. DOI: 10.1007/s43546-023-00618-x. [на англ. яз.]

4 Pattnaik D., Ray S., Raman R. Applications of artificial intelligence and machine learning in the financial services industry: A bibliometric review // Heliyon. – 2024. – Vol. 10 (1). – e23492. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e23492. [на англ. яз.]

5 Aldasoro I., Gambacorta L., Korinek A., Shreeti V., Stein M. Intelligent financial system: how AI is transforming finance // BIS Working Papers. – 2024. – № 1194. – 42 p. [на англ. яз.]

6 Goodell J. W., Kumar S., Lim W. M., Pattnaik D. Artificial intelligence and machine learning in finance: Identifying foundations, themes, and research clusters from bibliometric analysis // Journal of Behavioral and Experimental Finance. – 2021. – Vol. 32. – 100577. DOI: 10.1016/j.jbef.2021.100577. [на англ. яз.]

7 Nowakowski M., Waliszewski K. Artificial intelligence and algorithms assisting personal finance. A legal and economic perspective // Przegląd Ustawodawstwa Gospodarczego. – 2021. – № 8. – S. 2–10. [на польск. яз.]

8 Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 800 p. [на англ. яз.]

9 Chen T., Guestrin C. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. – 2016. – P. 785–794. [на англ. яз.]

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОГО И ИСКУССТВЕННОГО НЕЙРОНА

ОСПАНОВА Н. Н.
к.п.н., научный руководитель, Торайгыров университет, г. Павлодар
ВАЛИЕВ Р. В.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Искусственные нейронные сети сегодня являются одним из главных инструментов машинного обучения. По данным Stanford AI Index 2024, число публикаций по глубокому обучению выросло с менее чем 5 000 в 2012 году до более 90 000 в 2023-м. В основе любой нейронной сети лежит искусственный нейрон – упрощённая математическая модель, которая воспроизводит лишь часть свойств своего биологического прообраза.

Разрыв между биологической и вычислительной моделями имеет прямое практическое значение. Нейроморфные системы на основе LIF-нейрона потребляют энергии на порядки меньше по сравнению с GPU-ускорителями при решении задач с разреженными данными. Российский нейропроцессор «Алтай» (Лаборатория Касперского) показал снижение энергопотребления по сравнению с GPU до тысячи раз при распознавании голосовых команд [1]. Цель данной работы – систематическое сопоставление интеграционно-пороговой модели с утечкой (LIF) и модели перцептрона по структурным и функциональным характеристикам.

Биологический нейрон состоит из сомы, дендритов и аксона. Дендриты принимают входные сигналы и передают их к соме, где накапливается суммарный электрический заряд. Когда заряд превышает пороговое значение, по аксону распространяется потенциал действия – так называемый спайк [8]. Именно в этом состоит принципиальное отличие биологического нейрона от перцептрона, где непрерывной интеграции тока во времени не происходит.

Наибольшее распространение для описания биологического нейрона получила модель LIF – интеграционно-пороговая модель с утечкой. Она представляет собой упрощённую альтернативу полной биофизической модели Ходжкина–Хаксли (1952) [8]: не моделирует ионные каналы напрямую, однако сохраняет ключевые динамические свойства нейрона. Бахшиев и Демчева [2] провели численное сравнение LIF и сегментной спайковой модели и

подтвердили, что LIF точно воспроизводит динамику импульсной передачи при значительно меньших вычислительных затратах. Схема LIF-модели представлена на Рисунке 1.

Принцип работы модели состоит в следующем. Мембранный потенциал непрерывно изменяется под действием входных токов: он нарастает при поступлении сигналов и постепенно «утекает» обратно к потенциалу покоя при их отсутствии. Скорость этих процессов определяется постоянной времени мембраны, которая для кортикальных нейронов составляет 10–30 мс. При достижении порогового потенциала нейрон генерирует спайк, после чего потенциал сбрасывается до значения покоя. В течение короткого рефрактерного периода нейрон не способен генерировать новые импульсы [6].

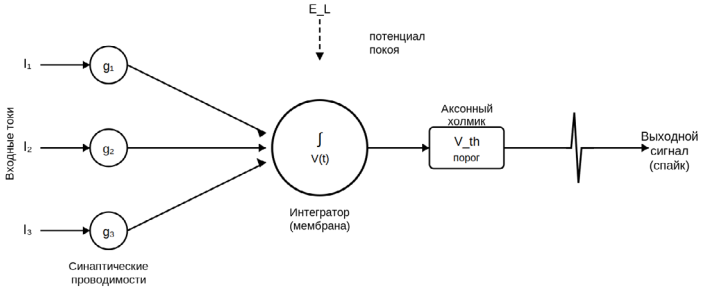


Рисунок 1 – Структура биологического нейрона (LIF-модель): входные токи через синаптические проводимости поступают в интегратор; при достижении порога генерируется спайк

Модель искусственного нейрона была предложена Маккалоком и Питтсом в 1943 году [9], а модель перцептрона развил Розенблатт в 1958-м. В основе обоих подходов лежит одна идея: нейрон рассматривается как статическое устройство, которое получает входные сигналы, вычисляет их взвешенную сумму и пропускает результат через нелинейную функцию активации. По данным обзора КиберЛенинки [3], именно такая схема остаётся базовым строительным блоком большинства современных архитектур нейронных сетей. Строение перцептрона показано на Рисунке 2.

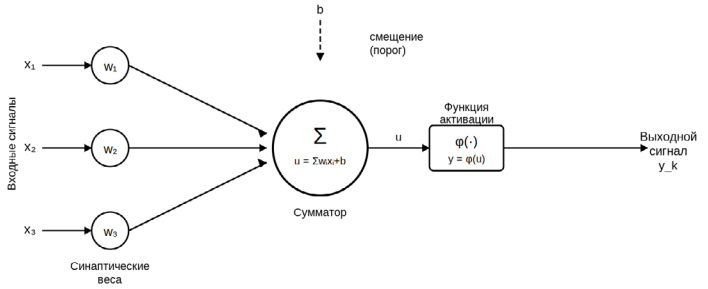


Рисунок 2 – Структура искусственного нейрона (перцептрон): входные сигналы через синаптические веса поступают в сумматор; функция активации формирует выходной сигнал. Временной оси нет

Вычисление в перцептроне происходит в два этапа. Сначала входные сигналы умножаются на соответствующие веса и суммируются вместе со смещением – это линейная часть модели. Затем результат преобразуется нелинейной функцией активации, которая формирует итоговый выходной сигнал. В современных нейронных сетях чаще всего применяется функция ReLU, которая пропускает положительные значения и обнуляет отрицательные [10]. Лу и Сюй [6] аналитически доказали, что при определённых условиях LIF-нейрон и ReLU-нейрон математически эквивалентны. Обучение перцептрона сводится к подбору весов путём минимизации ошибки методом градиентного спуска с обратным распространением. Прямого биологического аналога у этого механизма нет [5].

Сравнительный анализ моделей. Рисунки 1 и 2 демонстрируют структурное сходство обеих моделей: входные сигналы – суммирование – пороговое решение – выход. Однако математическое описание этих процессов принципиально различается. LIF-модель описывает непрерывную динамическую систему, в которой мембранный потенциал изменяется во времени. Перцептрон выполняет мгновенное алгебраическое преобразование без какой-либо временной зависимости [7].

Ключевое различие касается способа кодирования информации. В LIF-модели сигнал кодируется в частоте и временных паттернах спайков. В перцептроне выход представляет собой непрерывное числовое значение. По данным Eshraghian et al. [5], спайковые нейронные сети с современными методами обучения достигают

точности, сопоставимой с обычными нейронными сетями – разрыв составляет менее 1–2% на наборе данных CIFAR-10 – при этом потребляя в 10–100 раз меньше энергии. Различается и механизм интеграции входных сигналов: в биологическом нейроне ток накапливается непрерывно с учётом инерционных свойств мембраны, тогда как в перцептроне каждый шаг вычисления полностью независим от предыдущих [2]. Сравнительная характеристика обеих моделей приведена в Таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение биологического и искусственного нейрона

Критерий	Биологический нейрон (LIF)	Искусственный нейрон (перцептрон)
Тип модели	Динамическая (дифференциальное уравнение)	Статическая (алгебраическая)
Временная динамика	Потенциал изменяется непрерывно	Отсутствует; вычисление мгновенное
Природа сигнала	Импульсная (спайки)	Непрерывные числовые значения
Интеграция входов	Накопление тока во времени	Взвешенная сумма входных сигналов
Пороговый механизм	Фиксированный потенциал срабатывания	Нелинейная функция активации
Обучение	Синаптическая пластичность (STDP)	Градиентный спуск, обратное распространение ошибки
Вычислительная стоимость	Высокая (численное интегрирование)	Низкая (одна операция суммирования)

Из Таблицы 1 видно, что модели расходятся по большинству ключевых характеристик. Наиболее разительное различие касается механизма обучения. В биологическом нейроне синаптическая пластичность типа STDP является локальным процессом: изменение веса синапса зависит от временного соотношения пре- и постсинаптических спайков. Обратное распространение ошибки в перцептроне, напротив, требует вычисления глобального градиента по всей сети [5]. Бойко и др. [4] подтвердили принципиальную возможность аппаратной реализации спайковых нейронов на операционных усилителях, что открывает путь к нейроморфным системам без GPU.

Перцептрон представляет собой статическую, вычислительно простую абстракцию биологического нейрона. По сравнению с

LIF-моделью он лишён временной динамики, рефрактерности и импульсного кодирования, сохраняя лишь принцип взвешенного суммирования и нелинейного порога. Это наглядно подтверждают Таблица 1 и сравнение Рисунков 1 и 2. LIF-нейрон служит основой для спайковых нейронных сетей. Нейроморфные системы на его основе – в частности, Intel Hala Point и российский «Алтай» – демонстрируют, что математические различия между двумя моделями имеют прямые практические следствия в виде многократного снижения энергопотребления [1]. Современные методы обучения спайковых сетей сократили разрыв по точности с обычными нейронными сетями до менее 3% на наборе ImageNet [5]. Таким образом, понимание различий между LIF-моделью и перцептроном необходимо для проектирования нейроморфных систем следующего поколения [7].

ЛИТЕРАТУРА

1 Выголов О., Лаврентьев А., Духвалов А. Российские нейроморфные технологии – на острие мирового прогресса // Intelligent Business Journal. – 2024. [Электронный ресурс]. – URL: https://ib-bank.ru/bisjournal/post/2235

2 Бахшиев А. В., Демчева А. А. Сегментная спайковая модель нейрона CSNM // Известия вузов. ПНД. – 2022. – Т. 30, No. 3. – С. 299–310.

3 Бородин Г. Д. Краткий обзор и классификация искусственных нейронных сетей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. [Электронный ресурс]. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kratkiy-obzor-i-klassifikatsiya-iskusstvennyh-neyronnyh-setey/viewer

4 Бойко А. В. и др. Аппаратная реализация сегментной спайковой модели нейрона CSNM на операционных усилителях // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2024. – No. 2(34). – С. 41–49.

5 Eshraghian J. K. et al. Training Spiking Neural Networks Using Lessons From Deep Learning // Proceedings of the IEEE. – 2023. – Vol. 111, No. 9. – P. 1016–1054. – DOI: 10.1109/JPROC.2023.3308088

6 Lu S., Xu F. Linear leaky-integrate-and-fire neuron model based spiking neural networks and its mapping relationship to deep neural networks // Frontiers in Neuroscience. – 2022. – Vol. 16. – Article 857513. – URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9448910/

7 Rathi N. et al. Exploring Neuromorphic Computing Based on Spiking Neural Networks: Algorithms to Hardware // ACM Computing Surveys. – 2023. – Vol. 55, No. 12. – Article 243. – DOI: 10.1145/3571155

8 Hodgkin A. L., Huxley A. F. A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve // Journal of Physiology. – 1952. – Vol. 117. – P. 500–544. – DOI: 10.1113/jphysiol.1952.sp004764

9 McCulloch W. S., Pitts W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity // Bulletin of Mathematical Biophysics. – 1943. – Vol. 5. – P. 115–133. – DOI: 10.1007/BF02478259

10 Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 775 p. – URL: https://www.deeplearningbook.org/

ПРОГРАММАЛАУДЫ ҮЙРЕНУ ҮШІН КӨМЕКШІ ҚҰРАЛ РЕТІНДЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТКЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ЧАТ БОТТАРДЫ ТАЛДАУ

РАХМЕТОВ А. К.
магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
ТОКЖИГИТОВА Н. К.
PhD, профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Жасанды интеллект технологияларының, әсіресе табиғи тілдерді өңдеу саласында соңғы кезде дамуы интеллектуалды чат-боттардың білім беру процесіне белсенді интеграциялануына әкелді. Программалау білімінде мұндай жүйелер теориялық материалды түсіндіруге, кодтауға көмектесуге, қателерді талдауға және білім алушыларға мәселелерді шешуде қолдау көрсетуге қабілетті сандық көмекшілер ретінде әрекет етеді [1, 12-б.].

Зерттеудің өзектілігі онлайн білім берудің танымалдылығының артуымен, жекелендірілген оқыту қажеттілігімен және білім алушылардың алгоритмдер мен программалау тілдерін үйрену кезінде жедел кері байланысқа деген қажеттілігімен байланысты [5 , 18-б.].

Қарастырылған талдаудың мақсаты - программалау білімінде қолданылатын бар чат-боттарды зерттеу және олардың функционалдық мүмкіндіктерін, артықшылықтары мен шектеулерін анықтау.

1. Программалау біліміндегі чат-боттардың жіктелуі

Білім беру орталарында қолданылатын чат-боттарды бірнеше санатқа бөлуге болады:

1) Жалпы мақсаттағы жасанды интеллект көмекшілері

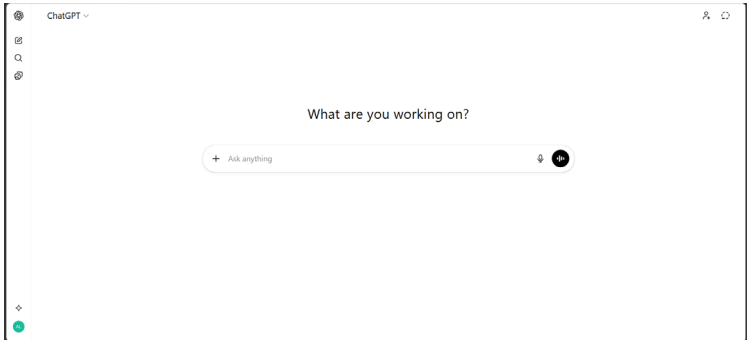
2) Кіріктірілген боттары бар мамандандырылған білім беру платформалары

3) IDE көмекшілері (әзірлеу ортасындағы ақылды көмекшілер)

4) Академиялық және зерттеу чат-боттары[3 , 34-б.]

2. Әмбебап жасанды интеллект көмекшілері

2.1 ChatGPT



Сурет 1 – ChatGPT интерфейсінің көрінісі

Ең танымал құралдардың бірі - OpenAI әзірлеген ChatGPT чат-бот. Ол программалау тілдерін үйренуде код генерациялау, алгоритмдерді түсіндіру және қателерді талдау сияқты мүмкіндіктерді ұсынады [1 , 21-б.].

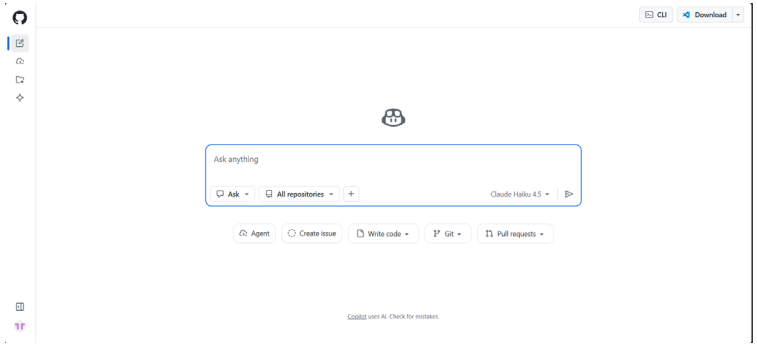
Python, Java, C++, JavaScript және басқа тілдерде код генерациялау мүмкіндігі білім алушылардың программалау дағдыларын дамытуға көмектеседі [3, 56-б.].

Кесте 1 – ChatGPT мүмкіндіктері, артықшылықтары мен шектулер

Мүмкіндіктері	Артықшылықтары	Шектеулер
Python, Java, C++, JavaScript және басқа тілдерде код генерациялау	Бірнеше Программалау тілдерін қолдау	Кодтағы ықтимал логикалық қателер
Алгоритмдер мен деректер құрылымдарын түсіндіру	Түсіндірмелерді пайдаланушы деңгейіне бейімдеу мүмкіндігі	Компилятормен толық интеграцияның болмауы

Қателерді талдау және түзету	Әңгімелесу форматы	Шамадан тыс пайдалану кезінде үстірт түсініктің пайда болу қаупі
Есептерді кезең-кезеңімен шешу		
Оқыту мысалдары мен тесттерін жасау		

2.2 GitHub Copilot



Сурет 2 – GitHub Copilot интерфейсінің көрінісі

GitHub компаниясы OpenAI-мен бірлесіп әзірлеген GitHub Copilot - IDE-ге кіріктірілген жасанды интеллект көмекшісі. Бұл құрал программалау барысында кодты автоматты түрде толықтыру және жаңа функцияларды генерациялау мүмкіндігін береді [4, 17-б.].

Мұндай жүйелер әзірлеу процесін жылдамдатып, программалау тілдерінің синтаксисін үйренуге көмектеседі [4, 29-б.].

Кесте 2 – GitHub Copilot жағымды-жағымсыз жақтары

Мүмкіндіктері	Артықшылықтары	Кемшіліктері
Кодты аяқтау	Жоғары жылдамдық	Шешімнің логикасын әрқашан түсіндіре бермейді
Мәтіндік сипаттамаларға негізделген функцияларды генерациялау	Әзірлеу орталарына интеграция	Оқытуға қарағанда практикалық әзірлеуге көбірек көңіл бөлді
Балама шешімдерді ұсыну	Тіл синтаксисін үйренуге көмектесу	

3. Программалау тілін Python қолдану арқылы оқыту әдістемесін әзірлеу

Бұл зерттеу жұмысының маңызды бағыты – программалау үйрену процесінде жасанды интеллект пен чат-боттарды қолдануға арналған оқыту әдістемесін әзірлеу. Аталған әдістеме Python программалау тілі негізінде құрылады.

Python тілі қазіргі уақытта білім беру саласында ең кең таралған программалау тілдерінің бірі болып табылады. Оның қарапайым синтаксисі, үлкен кітапханалар экожүйесі және деректерді талдау, жасанды интеллект пен веб-қосымшалар жасауға арналған мүмкіндіктері оны оқыту процесінде қолдануға өте тиімді етеді[6, 14-б.].

Python тілін қолдану алгоритмдік ойлауды дамытуға және есептерді кезең-кезеңімен шешуге мүмкіндік береді [3, 72-б.].

Жасанды интеллект негізіндегі чат-боттарды Python программалау тілін оқыту процесіне енгізу білім алушыларға кодтағы қателерді талдауға, алгоритмдерді түсінуге және қосымша мысалдар алуға мүмкіндік береді [1, 45-б.].

Ұсынылатын әдістеме келесі негізгі компоненттерден тұрады:

а) Теориялық материалды түсіндіру

Білім алушыларға Python тілінің негізгі ұғымдары түсіндіріледі:

1) айнымалылар мен деректер типтері
2) шартты операторлар
3) циклдер
4) функциялар
5) деректер құрылымдары

Бұл материалдар интерактивті мысалдар арқылы түсіндіріледі.

ә) Практикалық тапсырмалар

Әр тақырып бойынша білім алушылар Python тілінде шағын бағдарламалар жазады. Мысалы:

1) санды тексеру алгоритмдері
2) тізімдермен жұмыс
3) қарапайым есептерді автоматтандыру
4) деректерді өңдеу

б) Чат-бот арқылы көмек көрсету

Жасанды интеллект негізіндегі чат-бот білім алушыларға келесі мәселелер бойынша көмек көрсетеді:

1) кодтағы қателерді түсіндіру
2) алгоритмді түсіндіру
3) бағдарламаның жұмыс логикасын талдау

4) қосымша мысалдар ұсыну

Бұл тәсіл білім алушылардың өз бетінше үйрену қабілетін дамытуға көмектеседі.

в) Автоматтандырылған кері байланыс

Python негізіндегі құралдарды пайдаланып білім алушылардың тапсырмалары тексеріліп, автоматты түрде кері байланыс беріледі. Бұл:

1) оқыту процесін жылдамдатады

2) қателерді тез анықтауға мүмкіндік береді

3) білім алушының жеке оқу траекториясын қалыптастыруға көмектеседі.

Осылайша, Python программалау тілі негізінде әзірленген әдістеме программалау ды оқыту процесін тиімдірек, интерактивті және жекелендірілген етуге мүмкіндік береді.

4. Академиялық және зерттеу шешімдері

Ғылыми ортада LMS-ке (Moodle, Canvas) интеграцияланған интеллектуалды репетиторлық жүйелер (ITS) белсенді түрде әзірленуде. Олар мыналарға бағытталған:

1) білім алушы кодын талдауға;

2) жиі кездесетін қателерді анықтауға;

3) тапсырманың қиындығын бейімдеуге;

4) жеке оқу жолын жасауға.

Мұндай жүйелер көбінесе нейрондық желілер мен машиналық оқыту технологияларын пайдаланып жасалады[1, 52-б.].

Кесте 3 – Салыстырмалы талдау кестесі

Критерий	ChatGPT	GitHub Copilot
Теорияны түсіндіру	√	√
Код жасау	√	√
Интерактивті диалог	√	Шектеулі
Педагогикалық бағыт	Орташа	Төмен
IDE интеграциясы	Жоқ	√

Кесте 4 – Чат-боттардың артықшылықтары мен шектеулері

Программалау білімінде чат-боттарды пайдаланудың артықшылықтары	Негізгі мәселелер мен шектеулер
Жекелендірілген оқыту	Академиялық адалдықсыздық қаупі
Жедел кері байланыс	Жасанды интеллектке тәуелділіктің дамуы
24/7 қолдау	Түсініктің жеткіліксіздігі

Жаңадан бастаушылар үшін кіруге кедергіні азайту	Эмоционалды және педагогикалық бақылаудың болмауы
Өз қарқыныңызбен үйрену мүмкіндігі	Кодты генерациялаудағы қателіктер

Жүргізілген талдау жасанды интеллект негізіндегі чат-боттардың программалауды оқыту процесінде маңызды көмекші құрал бола алатынын көрсетті. ChatGPT, GitHub Copilot сияқты интеллектуалды жүйелер кодты түсіндіруге, қателерді талдауға және білім алушыларға жедел кері байланыс беруге мүмкіндік береді.

Қорыта келе, программалауды оқытуда Python тілін пайдалану тиімді екендігі анықталды. Python тілінің қарапайым синтаксисі мен кең мүмкіндіктері оны білім беру саласында қолдануға қолайлы етеді. Осылайша, жасанды интеллект технологияларын және Python программалау тілін біріктіре отырып, білім алушылардың программалау дағдыларын қалыптастыруға бағытталған заманауи оқыту әдістемесін дамыту білім беру жүйесінің маңызды міндеттерінің бірі болып табылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

Қазақстан Республикасы Үкіметі. Жасанды интеллектті дамыту тұжырымдамасы (2024–2029). – Астана, 2024.

Қазақстан Республикасының «Жасанды интеллект туралы» заңы, 17.11.2025.

Нұртазина Р.А. Ақпараттық технологиялар және программалау негіздері. – Алматы: Қазақ университеті, 2022.

Қожахметов А.Ж. Python программалау тілі негіздері. – Алматы, 2021.

Білім және ғылым министрлігі. Цифрлық білім беру ресурстарын дамыту тұжырымдамасы. – Астана, 2023.

Сәрсенбаев М. Программалау негіздері (Python). – Алматы: Білім баспасы, 2020.

IOT МАМАНДАРЫН ДАЯРЛАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

САГИНБЕКОВА Ж. С.
магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
ОСПАНОВА Н. Н.
п.ғ.к., профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Қазіргі цифрлық трансформация жағдайында ақпараттық технологиялар саласында жаңа мамандықтардың пайда болуы жоғары білім беру жүйесіне жаңа талаптар қоюда. Солардың бірі – Internet of Things (IoT) бағыты. IoT маманы әртүрлі құрылғылар мен жүйелердің өзара байланысын қамтамасыз ететін, сенсорлар мен желілік инфрақұрылымды жобалайтын және бағдарламалайтын көпсалалы маман болып табылады.

Төртінші индустриялық революция жағдайында цифрлық технологиялардың қарқынды дамуы білім беру жүйесінде инновациялық оқыту әдістерін қолдануды талап етеді. Қазіргі уақытта IoT технологиясы өндіріс, медицина, ауыл шаруашылығы және көлік салаларында кеңінен қолданылуда. Бұл технологиялар физикалық және цифрлық жүйелердің интеграциясын қамтамасыз етіп, интеллектуалды басқару жүйелерін дамытуға мүмкіндік береді [1].

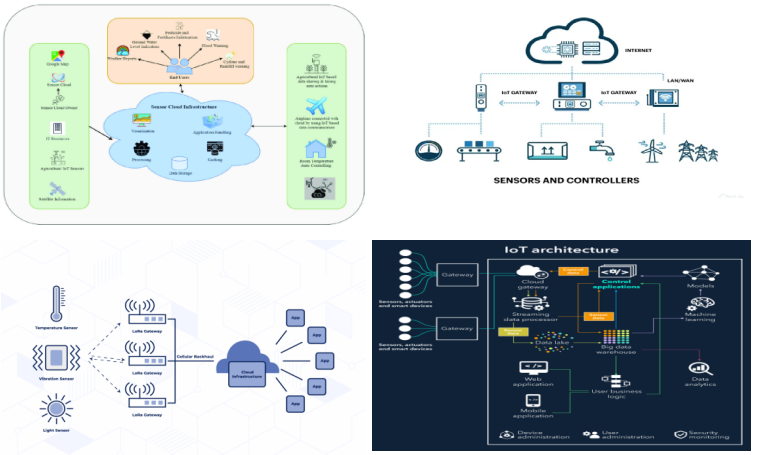
IoT технологиясының мәні. Internet of Things – интернет арқылы байланысқан құрылғылардың өзара әрекеттесуін және деректер алмасуын қамтамасыз ететін технологиялық жүйе.

IoT жүйесі бірнеше негізгі компоненттерден тұрады:

– сенсорлар мен құрылғылар,
– желілік байланыс,
– деректерді өңдеу жүйелері,
– бұлттық платформалар.

IoT технологиялары өндірістік процестерді автоматтандыруға және интеллектуалды басқару жүйелерін дамытуға мүмкіндік береді [2].

IoT жүйесінің архитектурасы.



Сурет 1 – IoT жүйесінің архитектурасы

IoT архитектурасы бірнеше деңгейден тұрады:

1. Құрылғылар деңгейі (Device layer) – сенсорлар мен құрылғылар деректерді жинайды.

2. Желілік деңгей (Network layer) – құрылғылар арасындағы байланыс қамтамасыз етіледі.

3. Деректерді өңдеу деңгейі (Processing layer) – алынған деректер талданады.

4. Қолданбалы деңгей (Application layer) – пайдаланушыларға арналған қызметтер ұсынылады.

Кесте 1 – IoT жүйесінің негізгі компоненттері

№	Компонент	Сипаттамасы	Мысал
1	Сенсорлар	Қоршаған ортадан деректер жинайды	Температура, ылғалдылық
2	Контроллерлер	Деректерді өңдейді және құрылғыларды басқарады	Arduino, ESP32
3	Байланыс желісі	Құрылғылар арасындағы деректер алмасуын қамтамасыз етеді	Wi-Fi, Bluetooth
4	Бұлттық платформалар	Деректерді сақтау және талдау	AWS IoT, Azure IoT
5	Қолданбалар	Пайдаланушы интерфейсі	Smart Home жүйелері

IoT мамандарын даярлауда келесі негізгі пәндер оқытылады:

– Микроконтроллерлер және кіріктірілген жүйелер,

– Компьютерлік желілер,
– Бағдарламалау (C/C++, Python),
– Сенсорлық жүйелер,
– Деректерді өңдеу және талдау,
– Бұлттық технологиялар (Cloud Computing),
– Ақпараттық қауіпсіздік.

Бұл пәндер IoT жүйелерін жобалау, бағдарламалау және басқару үшін қажетті базалық білімді қалыптастырады.

IoT мамандарын даярлауда «Микроконтроллерлер және кіріктірілген жүйелер» пәнін оқыту маңызды орын алады. Бұл пәнді оқыту әдістемесі теориялық білім мен практикалық дағдыларды өзара байланыстыра отырып жүргізіледі. Алдымен білім алушылар микроконтроллерлердің құрылымы, жұмыс істеу принциптері және олардың IoT жүйелеріндегі рөлі туралы теориялық білім алады. Кейін бұл білім практикалық сабақтар арқылы бекітіледі. Мысалы, сабақ барысында білім алушылар Arduino платформасын пайдаланып температураны өлшейтін қарапайым IoT жүйесін құрастырады. Ол үшін температура сенсоры (DHT11) микроконтроллерге қосылып, арнайы бағдарлама жазылады және алынған деректер мониторинг жасалады. Бұл тәжірибелік жұмыс білім алушыларға сенсорлармен жұмыс істеуді, микроконтроллерді бағдарламалауды және нақты құрылғылардан деректер алуды үйретеді.

Оқыту процесінде зертханалық жұмыстар, тәжірибелік тапсырмалар және шағын жобалар кеңінен қолданылады. Нәтижесінде білім алушылардың инженерлік ойлау қабілеті дамып, IoT жүйелерін жобалау және іске асыру бойынша кәсіби дағдылары қалыптасады.

IoT мамандарын даярлау барысында оқыту процесі бірнеше негізгі бағыттарға негізделуі тиіс.

Кесте 2 – IoT **мамандарын даярлауда пәндерді оқыту әдістемесі**

№	Оқыту бағыты	Негізгі мазмұны	Құралдар/ тақырыптар	Дамытылатын дағдылар
1	Теориялық білім	IoT жүйелерінің негіздерін меңгеру, архитектурасын түсіну	Компьютерлік желілер, микроконтроллерлербағдарламалау, сенсорлық жүйелер, деректерді өңдеу	Теориялық білім, жүйелік түсінік
2	Практикалық зертханалық жұмыстар	Тәжірибе арқылы білімді бекіту, құрылғылармен жұмыс жасау	Arduino, Raspberry Pi, ESP8266 / ESP32, Cloud IoT платформалары	Инженерлік ойлау, практикалық дағдылар
3	Жобалық оқыту әдісі	Нақты жобалар әзірлеу арқылы оқыту	Smart Home, Smart Greenhouse, Smart City, қашықтан мониторинг жүйелері	Шығармашылық қабілет, инженерлік ойлау, командалық жұмыс
4	Цифрлық білім беру технологиялары	Оқытуда заманауи цифрлық құралдарды пайдалану	Онлайн платформалар, виртуалды зертханалар, симуляциялық бағдарламалар	Практикалық дағдыларды жетілдіру, цифрлық сауаттылық

Бұл технологиялар білім алушылардың практикалық дағдыларын жетілдіреді. Қазіргі білім беру жүйесінде IoT мамандарын даярлау барысында дәстүрлі оқыту әдістерін инновациялық технологиялармен үйлестіру маңызды. IoT технологиясының дамуы жоғары оқу орындарында жаңа білім беру бағдарламаларын енгізуді талап етеді. Сондықтан IoT мамандарын даярлау барысында тәжірибеге бағытталған оқыту, жобалық әдістер және цифрлық технологияларды қолдану негізгі басымдық болуы тиіс.

Зерттеу нәтижелері IoT пәндерін оқыту барысында теориялық білімді практикалық жобалармен ұштастыру тиімді екенін көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Шваб К. Төртінші индустриялық революция. – Рухани жаңғыру. Жаңа гуманитарлық білім. Қазақ тіліндегі 100 жаңа оқулық, 2018. – 189 б.

2 Атцори Л., Иера А., Морабито Г. Заттар интернеті: шолу // Computer Networks журналы. – Амстердам: Elsevier баспасы, 2021. – 54 т. – 2787–2805 б.

3 Миноли Д., Сохраби К. Заттар интернеті: архитектурасы және қолданылуы. – Хобокен: Wiley баспасы, 2021. – 320 б.

4 Вермесан О., Фрисс П. Заттар интернеті – зерттеу мен инновациядан нарыққа енгізуге дейін. – Ольборг: River Publishers баспасы, 2022. – 380 б.

СОВРЕМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

САЛОНИКОВ Е. А.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
КАРАДЖА ДЖ.
к.т.н., доцент, Аксарайский университет, г. Аксарай

В современном мире объективен рост сферы искусственного интеллекта. Компании вовлеченные в развитие технологий искусственного испытывают значительный рост, обусловленный тенденцией на применение ИИ во всех сферах бизнеса и жизни. Так компания Амазон внедряет новый ИИ Nova [1], Shopify вводит ИИ помощника Sidekick [2], Казахстанский проект Higgsfield AI [3]. В связи с этим, так же имеется развитие инструментов для разработки, развития и работы с моделями ИИ.

Были взяты данные о стоимости активов и капитализации компаний Broadcom, Micron, NVidea, Oracle, в связи с тем, что данные компании активно участвуют в развитии сферы ИИ посредством создания аппаратного и программного обеспечения. В качестве трендов запросов, были взяты данные о частоте запросов по запросам: ChatGPT, Сильный и слабый ИИ, Агентный ИИ, Artificial Intelligence. Для представления в виде графика, была применена линейная нормализация, для возможности наглядного отражения роста рынка ИИ и популярности данной темы в бытовой сфере жизни, что отражает график трендов запросов в поисковой системе Google.com в рисунке 1.

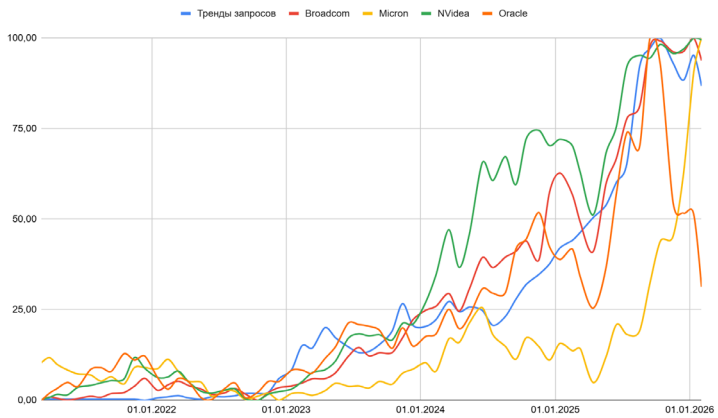


Рисунок 1 – Относительный график трендов - 2026 года [4][5]

В основе исследования лежит теоретический анализ современных публикаций в области агентных систем ИИ и больших языковых моделей. Исследование проводилось в три этапа:

1. Сбор данных: поиск релевантных публикаций в наукометрических базах данных (ScienceDirect, ACM Digital Library, arXiv), анализ рыночных показателей высокотехнологичных компаний (Broadcom, NVIDIA, Oracle, Micron) и график относительной частоты запросов по темам связанным с искусственным интеллектом в поисковой системе Google за период 2021–2026 гг

2. Сравнительный анализ: сопоставление подходов к централизованному и федеративному обучению моделей (на примере фреймворка MPCTF), а также изучение таксономии ИИ-агентов.

3. Статистическая визуализация: применение метода линейной нормализации данных для построения сравнительного графика трендов популярности ИИ и рыночной капитализации ключевых игроков индустрии.

В данной статье [7] затрагивается тема трудности обработки качественных данных для обучения LLM. Качественные данные выбираются из конфиденциальных наборов данных различных компаний, в связи с тем, что сбор, хранение и обработка в централизованной системе несет риски утечки данных, предлагается децентрализованное решение по тренировке LLM в закрытых экосистемах владельцев информации. Представленная

разработка предоставляет возможности дообучения (Fine-tuning) существующих моделей.

Отмечается, что с ростом количества параметров в результирующей LLM, растёт не только объём данных, привязанных к параметрам, но также и качество обработки поставленных задач, вследствие чего допустимо сделать вывод, что их работа имеет значимый характер, в связи с тем, что по заявлениям исследователей, она позволяет облегчить процесс дообучения языковых моделей, до одного клика, при этом позволяя легко расширять объём данных, используемых для тренировки модели, не опасаясь за утечку данных, при сборе данных, ввиду того, что фактически данные остаются на стороне владельца данных.

Произведена работа по систематическому анализу работ посвящённых разработке ИИ-систем на основе агентов, рассматривая статьи посвященные рассмотрению модели взаимодействия ИИ, пользователя и данных, различия в подходе к работе с генеративным ИИ и агентов ИИ, авторы подмечают сдвиг парадигмы использования ИИ-моделей в сторону мульти-агентных систем. Ранее, генеративные модели ИИ использовались как самостоятельный инструмент, который по заданному паттерну применяет в обработке информации функции [7].

Начиная с 2023 года, появляются исследования показывающие возможность создания агентных ИИ механизмов способных самостоятельно принимать решение о том, какие инструменты необходимо использовать для достижения заданной цели, в такие системы могут реализовываться как единичные агенты, имеющие информацию о доступных к применению агентов, так и в форме мульти-агентных систем, в которых каждый отдельный агент может выступать в роли отдельного эксперта. В таких модификациях, агентной системе даётся набор инструментов, а система сама, в ходе генерации должна обосновать применимость инструментов и применить их. Помимо особенностей работы и способов работы, были исследованы работы посвящённый способы коммуникации ИИ агентов [8], в данной сфере происходит разработка инструментов позволяющих различным ИИ системам производить более гладкую коммуникацию, в некоторых случаях позволяя коллаборировать знания нескольких моделей. Важной темой было выделено обеспечение защиты ИИ-агентов, также отмечают тренд на смену парадигмы восприятия ИИ [9]. Ранее, ИИ использовались как заточенные на конкретное действие LLM, но в данный момент

это сущности способные поддерживать осмысленный диалог и действовать в зависимости от доступных инструментов.

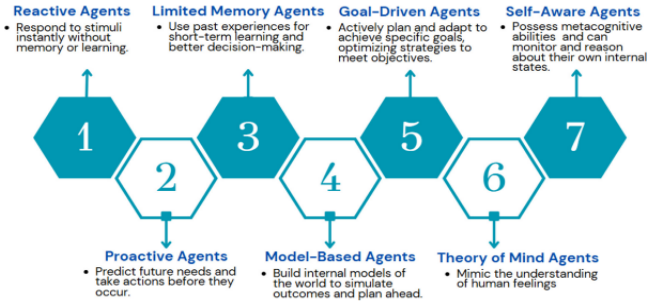


Рисунок 2 – Прогрессивная таксономия типов агентного ИИ: от реактивных до самоосознательных систем.

Рассматриваются проблемы которые типично возникают при построении модели ИИ-агента с применением сторонних ресурсов и функций, а также возможные инструменты и подходы для решения данных проблем. Предлагается набор решений, по автоматической классификации агентов по набору их возможностей. Так имеется 7 уровней классификации. На 1 уровне агент способен отвечать на ввод, без обращения к памяти и возможностей обучения. На 7 уровне, симулирует метакогнитивные способности а также способен работать, отслеживая собственное состояния процесса обоснования (мышления), т.н. самосознание.

Анализ текущих тенденций развития и экономических показателей ведущих технологических компаний подтверждает бурный рост индустрии искусственного интеллекта. Переход от теоретических разработок к массовому внедрению в такие платформы, как Amazon Bedrock и Shopify, свидетельствует о готовности прикладных ИИ-решений.

В ходе исследования были сделаны следующие выводы:

1. Смена парадигмы – Произошел сдвиг от статичных генеративных моделей (LLM) к динамическим агентным системам. Современный ИИ перестает быть просто «собеседником» и становится автономным субъектом, способным обосновывать свои действия и использовать внешние инструменты для достижения заданных целей.

2. Технологическая интеграция – появление протоколов межагентного взаимодействия и многослойных таксономий (от реактивных до самоосознательных систем) открывает путь к созданию сложных мультиагентных систем, где разные ИИ-модели могут коллаборировать для решения комплексных задач, подобно разнопрофильным специалистам, работающим над задачей их смежного профиля.

3. Безопасность – рост объемов используемых данных диктует необходимость внедрения децентрализованных методов обучения, таких как федеративное обучение и фреймворк MPCTF. Это позволяет решать критические вопросы защиты приватной информации, сохраняя при этом темпы масштабирования моделей.

В перспективе ближайших лет ключевым вектором исследований станет поиск баланса между автономностью агентов и этическим контролем их действий. Оптимизация взаимодействия ИИ с внешними ресурсами и повышение прозрачности алгоритмов аргументации станут фундаментом для создания ИИ следующего поколения, способного к глубокой интеграции в критически важные бизнес-процессы и повседневную жизнь.

ЛИТЕРАТУРА

1 Amazon introduces new frontier Nova models [Электронный ресурс] // About Amazon. – 2024. – URL: https://www.aboutamazon.com/news/aws/aws-agentic-ai-amazon-bedrock-nova-models .

2 Summer ‘23 Edition: 100+ updates that reimagine commerce for the future [Электронный ресурс] // Shopify News. – 2023. – URL: https://www.shopify.com/news/summer-23-edition-100-updates-that-reimagine-commerce-for-the-future .

3 Как казахстанский стартап Higgsfield AI перешагнул оценку в $1 млрд [Электронный ресурс] // Forbes Kazakhstan. – 2024. – URL: https://forbes.kz/articles/kak-kazahstanskiy-startap-higgsfield-ai-pereshagnul-otsenku-v-1-mlrd-b36bb8 .

4 Nasdaq: Stock Market Data [Электронный ресурс] : официальный сайт. – 2026. – URL: https://www.nasdaq.com/ (дата обращения: 09.02.2026).

5 Google Trends [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: https://trends.google.com/trends/ .

6 Ume Nisa. Agentic AI: The age of reasoning–A review / Ume Nisa, M. Shirazi, M. A. Saip [et al.] // Journal of Automation and Intelligence. – 2025. – Vol. 4 (?). – ISSN 2949-8554. – DOI: 10.1016/j.jai.2025.08.003. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949855425000516 .

7 Liu, Ning. MPCTF: A Multi-Party Collaborative Training Framework for Large Language Models / Ning Liu, Dan Liu // Electronics. – 2025. – Vol. 14, Is. 16. – Art. 3253. – DOI: 10.3390/electronics14163253.

8 Yingxuan Yang. A Survey of AI Agent Protocols [Электронный ресурс] / Yingxuan Yang, H. Chai, Y. Song [et al.] // arXiv.org. – 2025. – URL: https://arxiv.org/abs/2504.16736 .

9.Zehang Deng. AI Agents Under Threat: A Survey of Key Security Challenges and Future Pathways / Zehang Deng, Y. Guo, C. Han [et al.] // ACM Computing Surveys. – 2025. – Vol. 57, Is. 7. – Art. 182. – DOI: 10.1145/3716628. – URL: https://dl.acm.org/doi/10.1145/3716628 .

ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В РЕКЛАМЕ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТРАНСФОРМАЦИИ ОПЫТНОГО МАРКЕТИНГА И ВОВЛЕЧЁННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

СЕМБАЕВА А. С.
магистрант, Astana IT University, г. Астана

Дополненная реальность (Augmented Reality, AR) – это технология, которая накладывает компьютерно-генерируемую информацию на реальную среду пользователя в режиме реального времени через экран смартфона, планшета или специальные очки [1]. В отличие от виртуальной реальности (VR), которая создаёт полностью цифровую среду, AR дополняет реальность интерактивными элементами [2]. Для маркетинга это означает возможность встроить брендовый контент в повседневную жизнь потребителя.

В современных условиях перенасыщенности рекламной среды традиционные модели коммуникаций показывают снижение эффективности. Потребители становятся менее восприимчивыми к стандартным рекламным сообщениям, что приводит к феномену «баннерной слепоты» [2]. В этих условиях необходим переход к форматам, которые обеспечивают вовлечённость и создают ценность для потребителя.

Количество пользователей мобильной AR в мире достигло 1,7 миллиарда к 2024 году [3]. Параллельно наблюдается

экспоненциальный рост научных публикаций по AR в маркетинге. При этом большая часть исследований сосредоточена на рынках Северной Америки, Европы и Восточной Азии. Исследований по Центральной Азии и Казахстану практически нет.

Казахстанский рынок демонстрирует высокий потенциал для AR. Согласно отчётам Digital 2024-2025: Kazakhstan, в стране более 26 миллионов мобильных подключений (130%+ от населения), проникновение интернета превышает 90%, при этом более 95% подключений – сети 3G/4G/5G [4]. Социальные сети активно используются, особенно среди городского населения 18-35 лет.

Рынок электронной коммерции показывает значительный рост. В 2024 году объём внутренней e-commerce составил около 3,2-3,4 трлн тенге (приблизительно 6 млрд долларов), что превышает 14% от общего розничного оборота [5]. Государство поддерживает процессы цифровизации, включая развитие AR/VR-технологий. Однако применение AR в маркетинге остаётся эпизодическим, без системного подхода.

Эффективность AR в рекламе объясняется несколькими устоявшимися теориями из области маркетинга и психологии потребителя. Теория опытного маркетинга Pine и Gilmore (1999) утверждает, что современные потребители приобретают впечатления как отдельный экономический продукт [6]. Schmitt (1999) выделил пять модулей опыта: чувства, эмоции, мышление, действия и связь. AR-технологии способны активировать все эти модули одновременно. 3D-визуализация и пространственный звук активируют модуль чувств, удивление активирует эмоции, интерактивные элементы стимулируют мышление и действия, а возможность поделиться в соцсетях активирует модуль связи [2, 6].

Модель вероятностной разработки (ELM) Petty и Cacioppo (1986) выделяет два пути убеждения: центральный путь (требует высокой вовлечённости и вдумчивой обработки) и периферийный путь (низкая вовлечённость) [6]. Хорошо спроектированный AR-опыт требует активного участия пользователя и когнитивной обработки, что активирует центральный путь убеждения. Это приводит к формированию более устойчивых установок и лучшей запоминаемости бренда по сравнению с пассивными форматами [2, 7].

Теория потока Csikszentmihalyi (1990) описывает состояние полного погружения в деятельность, при котором человек испытывает удовольствие и теряет ощущение времени [6]. Это

состояние возникает, когда уровень сложности задачи соответствует уровню навыков человека. Правильно спроектированный AR-опыт может способствовать возникновению состояния потока, что создаёт позитивные ассоциации с брендом [7, 8].

Модель принятия технологий (TAM) Davis (1989) утверждает, что основными факторами принятия новой технологии являются воспринимаемая полезность и воспринимаемая лёгкость использования [9]. Когда потребители считают AR-приложения полезными и простыми в использовании, они с большей вероятностью будут их использовать. Более поздние исследования показывают, что гедонистическая мотивация, персонализация и инновационность также значительно влияют на готовность использовать AR [9].

Снижение воспринимаемого риска – одна из ключевых функций AR. Главная проблема онлайн-покупок – невозможность физически осмотреть товар. AR-технологии решают эту проблему через виртуальную примерку, что снижает функциональный, финансовый и психологический риск [7, 8]. Это повышает уверенность потребителя в момент принятия решения о покупке.

AR обеспечивает более глубокое взаимодействие потребителя с брендом через несколько конкретных механизмов. Пространственная визуализация и виртуальная примерка – наиболее распространённое применение AR. Технология позволяет потребителям увидеть, как мебель будет выглядеть в их доме, как косметика будет смотреться на лице, или как одежда будет сидеть. AR превращает абстрактную информацию о продукте в конкретное визуальное представление [7]. Исследования показывают увеличение конверсии на 20-32%, рост продаж до 30% и снижение возвратов на 15-30% [7, 10].

Геймификация естественным образом интегрируется в AR. Бренды создают локационные игры, интерактивные элементы на упаковке, фильтры для социальных сетей [2, 10]. Игровые механики повышают вовлечённость, увеличивают время взаимодействия с брендом и генерируют пользовательский контент, который распространяется органически.

Расширение нарратива через AR превращает статичные медиа в динамичные истории. Печатная реклама или упаковка становятся порталами, через которые раскрывается история бренда [1, 2]. Это углубляет мифологию бренда и даёт чувство открытия эксклюзивного контента.

Персонализированная и контекстная информация, предоставляемая AR в режиме реального времени, помогает потребителям в процессе покупки. AR-приложения показывают характеристики продукта, варианты настройки, отзывы и информацию о наличии [7, 8]. Эта способность к персонализации повышает воспринимаемую полезность и помогает принимать обоснованные решения.

Социальное присутствие и близость к бренду – уникальная особенность AR. Размещение виртуального брендового контента в физическом пространстве потребителя создаёт ощущение присутствия бренда в личном пространстве [2, 10]. Это сокращает психологическую дистанцию между потребителем и брендом, способствуя формированию более близких отношений.

Современные исследования предоставляют обширные данные об эффективности AR в рекламе, которые подтверждают теоретические предпосылки.

Запоминаемость бренда. Исследование Rauschnabel et al. (2024) показывает, что AR-кампании обеспечивают на 70% более высокую запоминаемость по сравнению с традиционной цифровой рекламой [2]. AR-линзы и фильтры демонстрируют более 70% показателя запоминаемости бренда с подсказкой. Исследование 2025 года показало, что около 65% потребителей считают AR-рекламу более привлекательной, и более 62% сообщают о повышенной вероятности запомнить бренд после просмотра AR-рекламы.

Вовлечённость потребителей и время взаимодействия значительно выше для AR-форматов. AR-опыт генерирует время вовлечённости в 4 раза дольше по сравнению с мобильной видеорекламой [2]. AR создаёт реалистичный опыт взаимодействия с продуктом, который приближается к физическим покупкам [7, 10].

Намерение совершить покупку и конверсия. Пользователи, которые взаимодействовали с AR-рекламой, демонстрируют увеличение намерения купить на 19% и достигают на 94% более высоких показателей конверсии в e-commerce [7, 10]. Интерактивная 3D-визуализация продукта увеличивает вероятность покупки на 25% [7].

Социальное распространение AR-контента существенно превышает традиционные форматы. Пользователи, взаимодействующие с AR-рекламой, демонстрируют на 300% больше социального обмена [2]. Этот вирусный потенциал

органически увеличивает охват кампании через пользовательский контент.

Восприятие потребителей. AR-реклама воспринимается как более креативная, интересная и информативная по сравнению с традиционными форматами [7, 10]. Потребители считают AR-рекламу более вовлекающей и эмоционально резонансной.

Конкретные кейсы подтверждают статистические данные. AR-инструмент Sephora Virtual Artist показал, что клиенты с AR совершали покупку в 3 раза чаще, возвраты снизились на 30%, а среднее время сессии в приложении увеличилось с 3 до 12 минут [8]. IKEA Place решает основную проблему покупки мебели онлайн через визуализацию в реальном пространстве [2, 7].

Несмотря на перспективные результаты, исследования выявляют значительные препятствия для широкого внедрения AR в рекламе.

Технические и ресурсные требования. Создание качественного AR-контента требует специализированных навыков в 3D-моделировании, анимации и разработке [2]. Это финансово недоступно для небольших брендов, создавая барьеры для входа [8]. Технические проблемы производительности -- медленная загрузка, ошибки отслеживания – часто упоминаются как значительные точки трения [7, 9].

Барьеры для пользователей последовательно определяются как главное препятствие [7, 9]. Необходимость загружать отдельные приложения, сканировать маркеры или иметь мощный смартфон создаёт точки выхода. WebAR (AR в браузере) снижает эти барьеры по сравнению с отдельными приложениями.

Проблемы конфиденциальности. AR-приложения, использующие распознавание лиц или требующие данные о местоположении, поднимают обоснованные вопросы защиты персональных данных [8, 9]. Это создаёт риски, связанные с конфиденциальностью, несмотря на снижение функционального и финансового риска для продуктов.

Сложность измерения эффективности. Атрибуция конкретных результатов – посещений магазина, изменений восприятия бренда – непосредственно к AR-опыту остаётся сложной в рамках многоканальных покупательских путей [2, 7].

Особенности казахстанского рынка. Для Казахстана существуют дополнительные барьеры: ограниченная локальная экспертиза в AR-разработке, требующая привлечения международных подрядчиков;

бюджетные ограничения компаний, особенно малого и среднего бизнеса; отсутствие публично доступных примеров успешных AR-кампаний в Казахстане; различия в цифровой грамотности между молодой городской аудиторией и старшими поколениями или жителями регионов [4, 5].

На основе анализа литературы и особенностей казахстанского рынка можно сформулировать стратегическую рамку для эффективного внедрения AR.

Определение целей. Исследования подчёркивают необходимость начинать с чётких бизнес-целей, а не с технологии [2, 7]. AR-опыт должен решать конкретные задачи: обучение потребителей, создание wow-эффекта, расширение возможностей через виртуальную примерку или развлечение через геймификацию.

Выбор аудитории и платформы. Соответствие выбора платформы (WebAR vs отдельное приложение) и креативной концепции характеристикам целевой аудитории критически важно [9]. Для Казахстана приоритет WebAR-решениям обусловлен высокой мобильной проникновением (130%+) и активным использованием QR-кодов [4].

Оптимизация пользовательского опыта. Академическая литература последовательно подчёркивает важность бесшовного пользовательского опыта [7, 8]. Необходимо минимизировать техническую сложность, обеспечивать интуитивные интерфейсы и предоставлять чёткие инструкции для снижения барьеров входа.

Фокус на ценности. AR-опыт должен предлагать чёткую ценность – утилитарную пользу, развлечение или эксклюзивную информацию [2, 10]. Интерактивная и мультисенсорная природа AR повышает вовлечённость, когда опыт предоставляет реальную ценность, а не является просто технологической демонстрацией.

Использование социального измерения. Социальное влияние, субъективные нормы и гедонистическая мотивация значительно влияют на принятие и эффективность AR [9]. Необходимо проектировать AR-опыт с возможностями социального обмена.

Интеграция в общую кампанию. AR должна быть интегрирована в общую стратегию кампании, а не быть изолированным экспериментом [2, 7]. Продвижение через все каналы с чёткими призывами к действию обеспечивает максимальный охват.

Комплексное измерение. Определение KPI заранее, объединяя количественные метрики (время вовлечённости, показатели конверсии, снижение возвратов) с качественными показателями

(социальный сентимент, объём пользовательского контента, изменения восприятия бренда) [2, 7].

Рекомендации для казахстанских брендов. Фокус на визуальных секторах: недвижимость, мебель и интерьер, автомобильный ритейл, косметика и мода – сектора, где AR обеспечивает максимальную ценность через пространственную визуализацию [5]. Использование существующих 3D-активов казахстанских девелоперов и ритейлеров снизит стоимость внедрения. Начало с премиум-сегмента (25-40 лет с высоким доходом и цифровой грамотностью). Партнёрство с университетами для пилотных проектов с академической оценкой эффективности [4].

Несколько областей требуют дальнейшего изучения. Rese et al. (2022) выделили следующие исследовательские пробелы: лонгитюдные исследования долгосрочных эффектов AR на лояльность к бренду; кросс-культурные сравнительные анализы восприятия и эффективности AR в разных рынках; детальные анализы соотношения затрат и выгод для внедрения AR в различных отраслях; исследование оптимальных параметров дизайна AR-опыта для максимизации вовлечённости; этические рамки для сбора и использования данных; интеграция с новыми технологиями, включая искусственный интеллект, 5G и метавселенные [2, 3, 10].

Для Казахстана особенно актуальны: исследование культурных факторов, влияющих на эффективность AR-кампаний; проектирование AR-опыта для казахско-русскоязычной аудитории и стратегии локализации; региональная дифференциация между Алматы, Астаной и регионами; использование AR для преодоления географических барьеров; экономически оправданные минимально жизнеспособные AR-решения для казахстанского малого и среднего бизнеса.

Заключение. Интеграция дополненной реальности в рекламу представляет собой значительный сдвиг в направлении более интерактивной и клиентоцентричной модели маркетинговых коммуникаций. Данный обзор литературы показывает, что AR превосходит традиционные форматы по ключевым показателям: запоминаемость бренда на 70% выше, время вовлечённости в 4 раза дольше, намерение совершить покупку увеличивается на 19-94%, возвраты товаров снижаются на 15-30% [2, 7, 8, 10].

Теоретические модели из психологии потребителя и маркетинга объясняют механизмы эффективности AR через концепции опытного маркетинга, центрального пути убеждения, теории потока и моделей принятия технологий [6]. AR активирует все пять

модулей опыта Schmitt, требует когнитивной вовлечённости, может создавать состояние потока и обеспечивает как утилитарную, так и гедонистическую ценность.

Выявленные проблемы -- технические барьеры, пользовательское трение, вопросы конфиденциальности и сложность измерения – являются преимущественно операционными, что предполагает возможность их решения по мере развития технологий [2, 7, 8, 9].

Казахстан демонстрирует высокий потенциал для развития AR-маркетинга благодаря развитой цифровой инфраструктуре (более 90% интернет-пользователей, более 26 миллионов мобильных подключений), быстрому росту электронной коммерции (3,2-3,4 трлн тенге в 2024 году) и активному развитию ключевых секторов [4, 5]. Текущий уровень использования AR остаётся ограниченным и фрагментарным.

Данный обзор предоставляет теоретическую и методическую основу для проектирования пилотных AR-кампаний с учётом локальной специфики, разработки систем измерения эффективности, проведения эмпирических исследований, подготовки специалистов и развития партнёрств между бизнесом и университетами.

Основная ценность AR заключается в способности создавать более глубокие, интерактивные и запоминающиеся отношения между потребителем и брендом, которые влияют как на немедленные конверсии, так и на долгосрочную ценность бренда [2, 10]. Для казахстанских компаний системное внедрение AR может стать источником конкурентного преимущества на быстро цифровизирующемся рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1 Azuma R. T. A survey of augmented reality // Presence: Teleoperators and Virtual Environments. – 1997. – Vol. 6(4). – P. 355-385.

2 Rauschnabel P. A., Babin B. J., tom Dieck M. C., Krey N., Jung T. Augmented reality marketing and consumer-brand relationships: How closeness drives brand love // Psychology & Marketing. – 2024. – Vol. 41(2). – P. 338-363.

3 Rese A., Ganster L., Baier D. Augmented reality marketing: A systematic literature review, framework and research agenda // International Journal of Information Management. – 2022. – Vol. 62. – 102446.

4 Digital 2025: Kazakhstan // DataReportal. – 2025. [Электронный ресурс]. – URL: https://datareportal.com/reports/digital-2025-kazakhstan [дата обращения 02.02.2026].

5 Kazakhstan’s E-Commerce Market Expands Sevenfold as Digital Trade Accelerates // The Astana Times. – 2025. [Электронный ресурс]. – URL: https://astanatimes.com/2025/12/kazakhstans-e-commerce-market-expands-sevenfold/ [дата обращения 02.02.2026].

6 Pine B. J., Gilmore J. H. The experience economy: Work is theatre & every business a stage. – Harvard Business Press, 1999. – 254 p.

7 Hilken T., de Ruyter K., Chylinski M., Mahr D., Keeling D. I. Augmenting the eye of the beholder: Exploring the strategic potential of augmented reality to enhance online service experiences // Journal of the Academy of Marketing Science. – 2017. – Vol. 45(6). – P. 884-905.

8 Javornik A., Marder B., Barhorst J. B., McLean G., Rogers Y., Marshall P., Warlop L. What lies behind the filter? Uncovering the motivations for using augmented reality face filters on social media and their effect on well-being // Computers in Human Behavior. – 2021. – Vol. 128. – 107126.

9 Khashan M. A., Elsotouhy M. M., Alasker T. H., Ghonim M. A. Investigating retailing customers’ adoption of augmented reality apps: Integrating UTAUT2 and task-technology fit // Marketing Intelligence & Planning. – 2023. – Vol. 42(4). – P. 725-755.

10 Yim M. Y. C., Chu S. C., Sauer P. L. The effect of augmented reality interactivity on consumer brand engagement and purchase intentions: The mediating role of social presence and perceived brand authenticity // Journal of Interactive Marketing. – 2024. – Vol. 59(1). – P. 18-35.

БІЛІМ БЕРУ ҮДЕРІСІНДЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ СТУДЕНТТЕРДІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ-ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ҚҰЗЫРЕТТІЛІГІН ДАМЫТУ

ТАБЫЛДИНА А. Т.
докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.
АБДУЛЛА Ә. Е.
докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.
ЛАЙСХАНОВ Ш. У.
қауымд. профессор, PhD Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы қ.

Бұл мақалада географиялық білім беруге жасанды интеллект технологияларын енгізу арқылы студенттердің экологиялық-географиялық құзыреттілігін дамыту мәселесі қарастырылады. Зерттеу жасанды интеллект (ЖИ) құралдарының оқытуды дербестендіру, динамикалық деректермен жұмыс, иммерсивті тәжірибе және бағалауды әртараптандыру сияқты негізгі бағыттарын айқындайды. Нәтижелер ЖИ негізіндегі тәсілдер студенттердің кеңістіктік ойлауын, экологиялық санасын және шешім қабылдау дағдыларын айтарлықтай жақсартатынын көрсетеді. Зерттеу жұмысында қазіргі геоэкологиялық жағдайда экологиялық сын-қатерлерге төтеп бере алатын, экологиялық және географиялық тұрғыдан сауатты тұлғаны қалыптастыруға бағытталған ЖИ технологияларын білім беру бағдарламаларына енгізудің тұжырымдамалық негізі ұсынылған.

Қазіргі заман адамзатқа климаттың өзгеруі, биологиялық әртүрліліктің кемуі, ормандардың жойылуы және қоршаған ортаның ластануы секілді терең экологиялық сын-қатерлерді алып келді. Осы күрделі проблемаларды шешу үшін азаматтардың тек географиялық біліммен шектелмей, адам мен табиғат арасындағы өзара байланысты терең түсінуі және тұрақты даму мақсаттарына сай негізделген шешімдер қабылдай алуы қажет[3]. Экологиялық-географиялық құзыреттілік кеңістіктік деректерді талдау, экожүйелердегі заңдылықтарды анықтау, әртүрлі сценарийлерді салыстыра бағалау және экологиялық тұрғыдан жауапты шешімдер қабылдау сияқты маңызды дағдыларды қамтиды[2].

Жасанды интеллект технологиялары қазіргі білім беру жүйесін түрлендірудің маңызды факторына айналды. Зерттеулерге сүйенсек, білім беру саласындағы ЖИ технологияларының әлемдік нарығы 2034 жылға қарай шамамен 112,3 миллиард долларды құрайды[8].

Әсіресе географиялық білім беруде ЖИ-дің мүмкіндіктері ерекше: ол деректерді визуализациялау, болжамдық модельдеу және жекелей оқыту траекторияларын құру арқылы студенттердің күрделі экологиялық жүйелер туралы түсінігін тереңдетуге жаңа көкжиектер ашады[5]. ЖИ мен геоақпараттық жүйелердің тоғысуы нәтижесінде пайда болған GeoAI бағыты студенттерге нақты экологиялық деректермен жұмыс істеп, тұрақты дамудың өзекті мәселелерін шешу үшін қажетті сыни ойлау дағдыларын меңгеруге мүмкіндік береді[7].

Бұл мақаланың басты мақсаты – студенттердің экологиялық және географиялық құзыреттілігін дамытуға бағытталған ЖИ технологияларын оқу үдерісіне интеграциялаудың тиімді жолдарын айқындау. Зерттеу аясында мынадай мәселелер қарастырылады:

RQ1: ЖИ қолданысы мен экологиялық-географиялық құзыреттілікті дамыту арасындағы теориялық байланыс қандай негіздерге сүйенеді?

RQ2: ЖИ технологиялары студенттердің адам мен табиғи орта арасындағы өзара іс-қимылды және тұрақты даму мәселелерін түсінуін қалай жетілдіре алады?

RQ3: География сабағында ЖИ-ді табысты енгізу үшін қандай негізгі кедергілерді жою қажет?

Экологиялық және географиялық құзыреттілік тұжырымдамасы. Экологиялық және географиялық құзыреттілік – бұл студенттердің қоршаған ортадағы күрделі мәселелерді түсінуіне және оларға ден қоюына мүмкіндік беретін білім, білік және құндылық бағдарларының кешенді жүйесі. 1-кесте көрсетілгендей тұрақты даму үшін білім беру тұжырымдамаларына негізделген бұл құзыреттілік бірнеше маңызды компоненттерден тұрады[1]:

Кесте 1 – Экологиялық-географиялық құзыреттіліктің құрамдас бөліктері

Құрамдас бөліктер	Сипаттамасы	ЖИ негізіндегі қолданбалар
Кеңістіктік ойлау	Географиялық нысандар арасындағы байланыстар мен заңдылықтарды көру және талдай білу	ЖИ көмегімен кеңістіктік деректерді өңдеу; экологиялық өзгерістерді модельдеу[5]
Жүйелік қабылдау	Табиғи және антропогендік жүйелердің өзара байланысын түсіну	Машиналық оқыту арқылы күрделі экожүйе динамикасын анықтау [2]

Болашақты болжау	Әртүрлі сценарийлерді елестету және олардың салдарын бағалай білу	ЖИ негізіндегі болжамдық модельдер; даму сценарийлерін генерациялау [1]
Этикалық сана	Экологиялық шешімдердің құндылықтық және әділеттілік аспектілерін ескеру	ЖИ өнімдерін сыни бағалау; ЖИ қолданудың этикалық қағидаттары [3]
Белсенді әрекет	Қоршаған орта жағдайының өзгеруіне жедел әрі негізделген шешімдер қабылдау	Деректерге сүйенген шешім қабылдау жүйелері; баламалы стратегияларды салыстыру [4]

Ғылыми зерттеулер көрсеткендей, жоғарыда аталған құзыреттіліктерді қалыптастыру үшін студенттерді нақты экологиялық проблемаларды шешуге тартатын, бірлескен зерттеу жұмыстарын ынталандыратын және деректерге негізделген шешім қабылдау дағдыларын дамытатын педагогикалық тәсілдер қажет[6].

Географиялық білім берудегі ЖИ технологияларының қазіргі қолданыс аясы. Соңғы жылдары география және экология пәндерін оқытуға арналған ЖИ қосымшаларының қолданыс аясы айтарлықтай кеңейді. Төмендегі кестеде (2-кесте) ЖИ негізіндегі негізгі білім беру жобалары мен олардың тиімділігі туралы мәліметтер жүйеленген.

Кесте 2 – Экологиялық-географиялық құзыреттілікті қалыптастыруға бағытталған ЖИ жобалары

Жоба атауы	Қолданылған ЖИ технологиялары	Білім беру мақсаты	Негізгі нәтижелері	Дереккөз
AI Climate Verse (eTwinning)	Генеративті ЖИ, талдау платформалары	Климаттық талдау, тұрақтылық, пәнаралық байланыс	Ғылыми қызығушылықтың өсуі, этикалық дағдылар, халықаралық ынтымақтастық	European School Education Platform (2025)
VirtualGeo	Аралас шындық (MR), генеративті ЖИ	АҚШ географиясын оқыту	Географиялық түсініктің айтарлықтай жақсаруы, бейімделген оқыту	Duan et al. (2025)
Сары теңіз құс мекендері бағдарламасы (Қытай)	ERNIE Bot (чат-бот), динамикалық деректер	Далалық зерттеулер, «адам-жер» байланысы, экологиялық білім	Объективті бағалау, дербес оқыту траекториялары, жедел кері байланыс	Liu et al. (2025)
ЖИ + PjBL (Индонезия)	ЖИ интеграцияланған жобалық оқыту	Кеңістіктік ойлау, ынтымақтастық	Оқу үлгерімінің 68,6%-дан 91,4%-ға артуы	Sriyanti et al. (2025)
Климаттық сауаттылық модулі (Мысыр)	ЖИ қосымшалары	Климаттың өзгеруі, болашақты болжау	Оқу жетістіктері мен дағдылардың статистикалық тұрғыдан маңызды жақсаруы	Curriculum and Instruction Department (2024)
AI4SG (Калифорния)	Чат-бот әзірлеу, әлеуметтік ЖИ	Қоғамдық экологиялық жобалар	ЖИ-ге деген қорқыныштың төмендеуі, экологиялық шешімдерге сенімділіктің артуы	Granco (2025)

Келтірілген мысалдар ЖИ технологияларының әртүрлі елдердегі және әр жас топтарындағы білім алушылардың экологиялық-географиялық құзыреттілігін дамытуда тиімді құрал бола алатындығын көрсетеді.

Экологиялық құзыреттілікті дамытудағы ЖИ тетіктері. Оқытуды дараландыру. ЖИ жүйелері әр студенттің үлгеріміне қарай оқу материалдарын бейімдейді. Сары теңіздегі құс мекендерін зерттеу бағдарламасында ERNIE Bot чат-боты студенттерге жеке қолдау көрсетіп, өңірлік ерекшеліктерді тану және далалық зерттеу дағдыларын қалыптастыруға көмектескен[5].

Деректермен жұмыс және визуализация. ЖИ платформалары экологиялық деректерді нақты уақытта талдауға және кеңістіктік заңдылықтарды айқындауға мүмкіндік береді. VirtualGeo платформасы аралас шындық пен генеративті ЖИ-ді біріктіріп, студенттердің географиялық түсінігін едәуір жақсартқан[2].

Болжамдық модельдеу. Машиналық оқыту алгоритмдері экологиялық өзгерістер сценарийлерін құрастырып, студенттердің тұрақты даму мәселелері бойынша негізделген шешім қабылдауына мүмкіндік береді[1]. Бұл болашақты болжау дағдыларын дамытып, экологиялық белсенді азаматтық ұстаным қалыптастырады[4].

Халықаралық ынтымақтастық. «AI Climate Verse» жобасы әртүрлі ел студенттерін климаттық талдау мен цифрлық контент жасауға тартып, мәдениетаралық түсіністік пен жаһандық экологиялық көзқарасты дамытқан[3].

ЖИ технологиялары негізіндегі экологиялық-географиялық құзыреттіліктің тұжырымдамалық моделі. Қазіргі заманғы зерттеулер мен инновациялық білім беру тәжірибелерін сараптау нәтижесінде біз географиялық пәндерді оқытуда ЖИ технологияларын қолдану арқылы студенттердің экологиялық және географиялық құзыреттілігін дамытудың тұжырымдамалық моделін жасадық [7][5].

Кесте 3 – ЖИ негізіндегі экологиялық-географиялық құзыреттіліктің тұжырымдамалық моделі[5][7]

Модель компоненттері	Негізгі элементтер	Іске асыру стратегиялары
Базалық білім	Географиялық ұғымдар; экологиялық жүйелер; кеңістіктік деректермен жұмыс негіздері	ЖИ көмегімен оқу материалдарын бейімдеп ұсыну; интерактивті графика; жекелендірілген оқу бағдарламалары
Аналитикалық дағдылар	Кеңістіктік талдау; заңдылықтарды ажырату; жүйелі ойлау	GeoAI құралдарын пайдалану; машиналық оқыту алгоритмдері; болжамдық модельдеу тапсырмалары
Шешім қабылдау қабілеті	Әртүрлі сценарийлерді бағалау; баламалы жоспарлар құру; белсенді стратегияларды әзірлеу	ЖИ генерациялаған сценарийлер; деректерге негізделген шешім қабылдау жаттығулары; жобалық оқыту әдістері
Этикалық сана	ЖИ нәтижелерін сыни тұрғыдан бағалау; алгоритмдік бейтараптықты түсіну; технологияны жауапкершілікпен пайдалану	Рефлексиялық тапсырмалар; этикалық принциптерді талқылау; ЖИ мүмкіндіктерінің шектеулерін зерделеу
Әрекеттік құзыреттілік	Қоғаммен өзара іс-қимыл; тұрақты даму жобалары; коммуникативтік дағдылар	AI4SG үлгісіндегі жобалар; чат-боттар құру; цифрлық контент әзірлеу

Бұл тұжырымдамалық модель заманауи зерттеулерде жиі айтылатын «адам мен табиғат арасындағы үйлесімділік» (human–land coordination) идеясына негізделген[5] және білім алушыларды қазіргі заманның күрделі экологиялық сын-қатерлерін шешуге дайындайтын оқыту тәсілдерінің негізгі талаптарына жауап береді[7].

ЖИ негізіндегі оқыту тиімділігінің эмпирикалық дәлелдері. Индонезияда жүргізілген зерттеуде ЖИ негізіндегі жобалық оқыту әдісі студенттердің сыни кеңістіктік ойлауын айтарлықтай жақсартқан. Үш кезеңнен тұратын эксперимент барысында оқу материалын меңгеру деңгейі 68,6%-дан 91,4%-ға дейін өскен[6]. Калифорниядағы AI4SG жобасы студенттердің ЖИ-ге деген қорқынышын азайтып, тұрақты даму мәселелерін шешуге деген сенімділіктерін арттырған. Қатысушылар жергілікті экологиялық проблемаларға арналған ЖИ қосымшаларын әзірлеуді үйренген[4]. Мысырдағы квази-эксперименттік зерттеу ЖИ негізіндегі

оқу модулінің оқушылардың климаттық сауаттылығы мен болашақты болжау дағдыларын статистикалық маңызды деңгейде жақсартқанын көрсеткен[1].

Сын-қатерлер мен шектеулер:

Техникалық инфрақұрылым. ЖИ-ді тиімді енгізу үшін сенімді интернет, заманауи жабдықтар мен бағдарламалық қамтамасыз ету қажет. Алайда көптеген мектептерде, әсіресе дамушы аймақтарда, бұл ресурстар жетіспейді[8]. Бұлттық технологиялар мен ашық платформалар шектеулерді азайта алады.

Мұғалімдерді даярлау. Оқытушыларға ЖИ құралдарын қолданумен қатар, олардың педагогикалық мүмкіндіктері мен шектеулерін түсіну бойынша біліктілік арттыру қажет. Зерттеулер мұғалімдердің ЖИ-ді оқытуда қолдануға сенімсіздігін көрсеткен[3].

Этика және ЖИ-сауаттылық. Студенттер ЖИ-дің ықтимал қателіктері мен жүйелік ауытқуларын сыни тұрғыдан бағалай білуі тиіс. «AI Climate Verse» жобасы этикалық құндылықтарды қалыптастыруға ерекше мән берген[3].

Мұғалім рөлінің өзгеруі. ЖИ енгізілген сайын мұғалімнің рөлі «білім таратушыдан» оқу процесін ұйымдастырушыға және бағыттаушыға ауысады[7]. Бұл өзгеріс жүйелі қолдауды қажет етеді.

Қорыта айтқанда, географиялық білім беруге ЖИ технологияларын интеграциялау студенттердің экологиялық-географиялық құзыреттілігін дамытудың тиімді жолын ашады. Дараландырылған оқыту, динамикалық деректер, болжамды модельдеу және бірлескен зерттеулер арқылы ЖИ студенттердің күрделі экологиялық жүйелерді түсінуін және тұрақты даму саласында шешім қабылдау қабілетін арттырады.

Зерттеулер дұрыс ұйымдастырылған ЖИ интервенциялары кеңістіктік ойлау, экологиялық сана, болашақты болжау дағдылары мен шешім қабылдау құзыреттілігін едәуір жақсартатынын көрсеткен. Алайда бұл әлеуетті жүзеге асыру үшін технологиялық инфрақұрылым, мұғалімдерді даярлау, этикалық мәселелер және педагогикалық бейімделу сынды сын-қатерлерді шешу қажет. Тан Гоань атап өткендей, ЖИ дәуірінде географиялық білім беру іргелі құндылықтарды сақтай отырып, инновацияларға ұмтылу қағидатын ұстануы тиіс. Болашақ зерттеулер ЖИ оқыту нәтижелерінің тұрақтылығын зерделеуге, әртүрлі контексттерде салыстырмалы талдаулар жүргізуге және бейімделгіш оқу модульдерін әзірлеуге бағытталуы қажет. ЖИ-ді ұтымды қолдану арқылы біз қазіргі

экологиялық сын-қатерлерді шешуге қабілетті, құзыретті азаматтарды даярлай аламыз.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Curriculum and Instruction Department, Faculty of Education, Al-Azhar University. The effectiveness of a proposed unit based on artificial intelligence applications in developing awareness of climate change issues and some related future thinking skills among secondary school students. Journal of Educational Research, 447037. -2024.

2 Duan, Y., Xu, X., He, H., Li, S., Gu, Y. Blending Mixed Reality and Generative AI to Teach Geography: An MR+GenAI Learning Environment. Journal of Interactive Learning Research, 36(1), 83-100. -2025.

3 European School Education Platform. AI Climate Verse: The Discovery Mission. -2025. https://school-education.ec.europa.eu/bs/etwinning/projects/ai-climate-verse-discovery-mission

4 Granco, G. Integrating AI and Sustainability Education: Students as Innovators for Sustainability. Proceedings, 131(1), 51.-2025. https://doi.org/10.3390/proceedings2025131051

5 Liu, B., Zeng, W., Liu, W., Peng, Y., Yao, N. AI-Enhanced Design and Application of High School Geography Field Studies in China: A Case Study of the Yellow (Bohai) Sea Migratory Bird Habitat Curriculum. Algorithms, 18(1), 47. -2025. https://doi.org/10.3390/a18010047

6 Sriyanti, S., Muryani, C., Prihadi, S. Application of Project Based Learning Model Based on Artificial Intelligence (AI) to Improve Critical Spatial Thinking of Students in Sukoharjo Regency. GeoEco, 11(2), 215-230. -2025. https://jurnal.uns.ac.id/GeoEco/article/view/100489

7 Tang, G. AI Cultivating Geography Talents in the AI Era]. Invited Lecture, Harbin Normal University, 16 September 2025.

8 University of Auckland. ENV 103: Digital Earth Course Outline. - 2025. https://courseoutline.auckland.ac.nz/dco/course/ENV/103/1253]. URL: http://runet.fom.ru/Proniknovenie-interneta/10950

ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕТОДОВ НЕЙРОСЕТЕВОГО ВЕРОЯТНОСТНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕТЕОПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

ЧЕТВЕРИКОВ Ф. В.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар,
НАЙМАНОВА Д. С.
к.п.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

В последние годы методы глубокого обучения совершили революцию в вычислительной метеорологии. Глобальные нейросетевые модели, такие как GraphCast и Pangu-Weather, продемонстрировали способность генерировать метеорологические прогнозы на несколько порядков быстрее традиционных численных моделей прогноза погоды (ЧМПП), при этом не уступая им в точности [1].

Однако базовые архитектуры данных ИИ-моделей обладают существенным ограничением – они выдают детерминированный прогноз (единственный вариант развития событий). Учитывая хаотичную природу земной атмосферы, для принятия критически важных управленческих решений (в сельском хозяйстве, энергетике, авиации и МЧС) одного значения недостаточно. Возникает острая необходимость в оценке неопределенности, то есть в вычислении вероятности наступления тех или иных погодных явлений (например, 80% вероятности возникновения заморозков). Особенно актуальна эта задача для резко континентального климата территории Республики Казахстан, характеризующегося резкими перепадами температур и сложными ветровыми режимами.

Целью данного исследования является анализ передовых нейросетевых архитектур вероятностного прогнозирования для их последующей интеграции в разрабатываемую информационную систему пространственного локального метеопрогнозирования.

Анализ методов оценки вероятности в ИИ-метеорологии: В современных исследований (2024–2026 гг.) показывает, что переход от детерминированных ИИ-моделей к вероятностным ансамблевым системам (AI-EPS) осуществляется тремя основными путями.

Первый подход базируется на искусственном возмущении начальных условий (Initial Condition Perturbation). В данном случае базовая нейросеть запускается многократно с добавлением математического шума во входные данные. Способы генерации

пертурбаций варьируются от простого гауссовского шума до физически обоснованных возмущений, извлекаемых из классических систем (например, интеграция Pangu-Weather с возмущениями CMA-GEPS) [2]. Недостатком метода являются высокие вычислительные затраты на многократный запуск тяжелых моделей.

Второй подход подразумевает создание специализированных ансамблевых ИИ-архитектур. Примером служит система FuXi-ENS [3]. В таких сетях генерация веера сценариев заложена в саму структуру модели, что позволяет учитывать не только погрешности входных данных, но и внутреннюю неопределенность самой нейросети (Model Bias).

Третий подход – применение генеративных и диффузионных искусственных нейронных сетей (Generative AI). На сегодняшний день это наиболее передовая парадигма. Модели данного класса используют стохастический процесс пошагового устранения шума (денойзинга) для синтеза множества физически корректных погодных карт. Ярким примером является архитектура GenCast (Google DeepMind), генерирующая ансамбль из более чем 50 сценариев за несколько минут и превосходящая классические суперкомпьютерные модели по 96% метрик [4]. Другим примером является модель SEEDS, способная эмулировать масштабный вероятностный ансамбль всего из двух базовых прогнозов [5].

Отдельным направлением внутри генеративного подхода является разработка алгоритмов локализации (даунскейлинга), таких как CorrDiff (NVIDIA). Эта система позволяет повышать разрешение глобальных ИИ-прогнозов с 25 км до 1–2 км с учетом топографии, что критически важно для региональных информационных систем [6].

Сравнительный анализ рассмотренных подходов систематизирован в Таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ нейросетевых архитектур генерации метеорологических ансамблей

Метод генерации ансамбля	Примеры ИИ-моделей	Преимущества для информационной системы	Ограничения и недостатки
Внешняя пертурбация данных (AI-EPS)	Pangu-Weather + CMA-GEPS	Быстрая интеграция с существующими Open-Source моделями глобального уровня.	Сглаживание прогноза на дальних горизонтах. Требует значительного объема VRAM.
Специализированные ансамбли	FuXi-ENS	Встроенный учет внутренней алгоритмической неопределенности архитектуры сети.	Сверхвысокие требования к вычислительным кластерам на этапе обучения.
Генеративные диффузионные модели	GenCast, SEEDS	Сверхбыстрая генерация множества сценариев; высочайшая точность предсказания экстремумов.	Возможное появление артефактов генерации; сложность контроля законов сохранения энергии.
Генеративный даунскейлинг	CorrDiff (NVIDIA)	Энергоэффективность в 100 раз выше численных аналогов; точная детализация локальных фронтов.	Зависимость точности от качества входного глобального макропрогноза.

На основании проведенного обзора, в рамках магистерской диссертации разрабатывается программно-аппаратный комплекс для вероятностного прогнозирования метеоусловий в произвольных географических координатах. Базовой парадигмой выбрана гибридная двухэтапная структура на базе генеративных моделей.

Концептуальная схема обработки данных в разрабатываемой информационной системе представлена на рисунке 1.

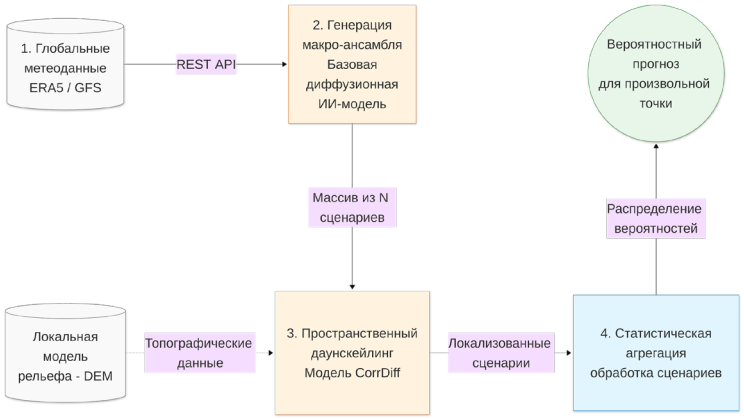


Рисунок 1 – Концептуальная архитектура информационной системы вероятностного прогнозирования

Жизненный цикл генерации локального прогноза включает в себя следующие этапы:

1. Сбор оперативных начальных условий: Информационная система через REST API в автоматическом режиме загружает актуальные макро-данные (например, из архива ERA5 или GFS) с пространственным шагом 0.25°;

2. Синтез макро-ансамбля: Глобальные данные проходят обработку через базовую вероятностную диффузионную ИИ-модель, которая на базе тензорных вычислений генерирует альтернативных синоптических сценариев;

3. Пространственный даунскейлинг: Для решения проблемы «произвольной точки» система применяет корректирующие алгоритмы (на базе принципов CorrDiff). Происходит интерполяция сеточного прогноза в конкретную точку земного шара с обязательным учетом локальной цифровой модели рельефа (DEM);

4. Статистическая агрегация: Сгенерированный массив локальных сценариев обрабатывается, и конечному пользователю предоставляется вероятностное распределение метеопараметров вместо классических детерминированных значений.

Переход к ансамблевым моделям глубокого обучения является важнейшим трендом современной вычислительной метеорологии. Рассмотренные диффузионные и генеративные подходы позволяют получить вероятностные прогнозы, по качеству не уступающие

ведущим мировым гидрометеорологическим центрам, при снижении вычислительных затрат на несколько порядков.

Предложенная концептуальная архитектура информационной системы открывает возможности для создания высокоточных, локализованных метеорологических сервисов нового поколения, функционирующих на базе локальных GPU-серверов без необходимости развертывания суперкомпьютерных мощностей.

ЛИТЕРАТУРА

1 Rasp, S. Uncertainty quantification for data-driven weather models / S. Rasp, [et al.] // arXiv preprint arXiv:2403.13458. – 2024.

2 Liu, X. Global ensemble weather prediction from a deep learning–based model (Pangu-Weather) with the CMA-GEPS initial condition perturbations / X. Liu, [et al.] // Advances in Atmospheric Sciences. – 2025. – Vol. 42(8). – P. 1636–1660.

3 Wang, Y. FuXi-ENS: A machine learning model for efficient and accurate ensemble weather prediction / Y. Wang, [et al.] // Science Advances. – 2025. – Vol. 11. – eadu2854.

4 Price, I. Probabilistic weather forecasting with machine learning / I. Price, [et al.] // Nature. – 2024. – Vol. 637. – P. 287–293.

5 Li, L. Generative emulation of weather forecast ensembles with diffusion models / L. Li, [et al.] // Science Advances. – 2024. – Vol. 10. – eadk4489.

6 Xie, C. CorrDiff: Corrective diffusion models for generative kilometer-scale weather downscaling / C. Xie, [et al.] // CEE Workshop. – 2025. – URL: https://github.com/NVIDIA/physicsnemo.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

ШОНОВА А. С.
учитель физики, КГУ «Школа – лицей №6», г. Экибастуз

В статье рассматриваются теоретические и прикладные аспекты использования технологий искусственного интеллекта в преподавании физики в условиях цифровой трансформации системы образования Республики Казахстан. Анализируются направления внедрения цифровых образовательных ресурсов, раскрываются возможности виртуальных лабораторий и интеллектуальных

платформ, а также определяется их влияние на качество обучения и развитие исследовательских компетенций учащихся.

Современный этап развития системы образования Республики Казахстан характеризуется активным внедрением цифровых технологий, что обусловлено реализацией государственных программ цифровизации. В данном контексте особую актуальность приобретает использование технологий искусственного интеллекта в образовательном процессе.

Физика как фундаментальная естественно-научная дисциплина требует таких методов обучения, которые обеспечивают не только усвоение теоретических знаний, но и формирование практических и исследовательских навыков. Применение ИИ способствует повышению эффективности обучения за счёт адаптивности образовательной среды, интерактивности и усиления практической направленности учебного процесса [1, с. 15].

Развитие цифрового образования в Республике Казахстан. Цифровизация образования в Казахстане сопровождается активным развитием электронных образовательных платформ, расширением дистанционного обучения и внедрением STEM-подхода. Существенную роль в апробации инновационных методик играют Назарбаев Интеллектуальные школы, где реализуются модели интеграции цифровых технологий и элементов искусственного интеллекта в образовательный процесс.

Вместе с тем цифровые ресурсы получают распространение и в общеобразовательных школах, что свидетельствует о системном характере модернизации образования.

Прикладные аспекты использования искусственного интеллекта в обучении физике. Одним из наиболее значимых направлений применения ИИ является использование виртуальных лабораторий, которые позволяют моделировать физические процессы в различных разделах курса, включая механику, электродинамику и оптику. Это особенно важно для образовательных организаций с ограниченной материально-технической базой, поскольку обеспечивает доступ к экспериментальной деятельности в цифровом формате [2, с. 74].

Не менее важным является использование образовательных платформ, таких как Kundelik.kz и BilimLand, которые обеспечивают организацию учебного процесса, визуализацию учебного материала и мониторинг образовательных результатов. Интеграция элементов искусственного интеллекта в данные ресурсы способствует

реализации адаптивного обучения и автоматизированного анализа успеваемости учащихся.

Применение ИИ также оказывает значительное влияние на формирование исследовательских компетенций обучающихся. В процессе учебной и проектной деятельности учащиеся осваивают методы анализа экспериментальных данных, моделирования физических процессов и представления результатов исследований, что способствует развитию их научного мышления и профессиональной ориентации.

Педагогический потенциал внедрения ИИ. Использование технологий искусственного интеллекта в преподавании физики способствует повышению доступности качественного образования, снижению образовательного неравенства между регионами и улучшению подготовки учащихся к итоговой аттестации. Кроме того, формируются цифровые и исследовательские компетенции, необходимые в условиях современного общества.

Пример реализации ИИ на уроке физики (8 класс). В рамках изучения раздела «Постоянный электрический ток» при рассмотрении темы «Закон Ома» технологии искусственного интеллекта могут быть интегрированы на различных этапах урока.

На этапе актуализации знаний используются интеллектуальные системы тестирования, позволяющие оперативно оценить уровень подготовки учащихся. Объяснение нового материала сопровождается демонстрацией цифровых моделей электрических цепей, что обеспечивает наглядное представление зависимости силы тока от напряжения и сопротивления.

Практическая часть урока реализуется с применением виртуальных лабораторий, в рамках которых учащиеся изменяют параметры электрической цепи, фиксируют результаты наблюдений и анализируют полученные данные. Использование ИИ позволяет автоматизировать построение графиков, выявлять ошибки и формировать обоснованные выводы на основе экспериментальных результатов [3, с. 115].

Методические особенности и перспективы развития. Эффективное внедрение технологий искусственного интеллекта предполагает их интеграцию с традиционными методами обучения, ориентацию на практическую деятельность и индивидуализацию образовательного процесса. Важным условием является также использование национальных образовательных ресурсов.

Перспективы развития связаны с дальнейшим совершенствованием интеллектуальных обучающих систем, внедрением технологий виртуальной и дополненной реальности, развитием цифровых лабораторий и систем автоматического анализа образовательных результатов. Существенное значение будет иметь повышение квалификации педагогов и развитие STEM-направления [4, с. 68].

Несмотря на положительные тенденции, внедрение технологий искусственного интеллекта сопровождается рядом ограничений, среди которых следует отметить неравномерный доступ к цифровой инфраструктуре, недостаточный уровень цифровой грамотности педагогов, ограниченность материально-технической базы и недостаточную интеграцию ИИ в образовательные программы.

Таким образом, применение технологий искусственного интеллекта в преподавании физики является значимым направлением модернизации системы образования Республики Казахстан. Их использование способствует повышению качества обучения, развитию исследовательских навыков учащихся и формированию компетенций, соответствующих требованиям цифрового общества.

ЛИТЕРАТУРА

1 Керимбаев Н.Ш. Развитие методики преподавания физики в высшей школе Казахстана // Научные исследования. – Алматы: КазНПУ им. Абая, 2018.

2 Мырзакулов Р. Избранные труды по теоретической физике. – Алматы: Қазақ университеті, 2012.

3 Сахиев С. Исследования в области ядерной физики и астрофизики. – Алматы: Институт ядерной физики НЯЦ РК, 2021.

4 Труды казахстанских учёных в области физики / под ред. академиков НАН РК. – Алматы: Ғылым, 2019.

5 Электронные образовательные ресурсы по физике для школ Республики Казахстан. – Алматы: BilimLand, 2024.

СЕМАНТИЧЕСКИЙ ПОИСК НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ

ШУЛЕНОВ А. А.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ОСПАНОВА Н. Н.
к.п.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Семантический поиск представляет собой технологию информационного поиска, ориентированную на сопоставление запросов и документов по смысловому содержанию, а не по формальному совпадению ключевых слов. Традиционные методы поиска, основанные на лексическом сопоставлении, демонстрируют существенные ограничения при обработке синонимии, полисемии и различных формулировок одного и того же понятия [1, с. 87].

Актуальность развития семантических методов поиска обусловлена экспоненциальным ростом объёмов неструктурированных данных в информационных системах и необходимостью повышения релевантности результатов поиска. Современные подходы опираются на векторные представления текста и нейросетевые модели, позволяющие моделировать семантические отношения между лингвистическими единицами [2, с. 4].

Цель настоящей статьи заключается в систематизации теоретических основ семантического поиска и анализе современных нейросетевых методов, применяемых для построения векторных представлений текстовых документов. В работе рассматриваются как классические статистические модели, так и современные архитектуры на базе трансформеров.

Семантический поиск определяется как процесс извлечения информации, основанный на анализе смыслового содержания запроса и документов коллекции. В отличие от ключевого поиска, оперирующего поверхностными лексическими формами, семантический подход направлен на выявление глубинных семантических связей между текстовыми единицами [1, с. 88].

Формально задача семантического поиска формулируется следующим образом. Пусть $D = \{d_1, d_2, ..., d_n\}$ представляет собой коллекцию документов, q – поисковый запрос. Требуется построить функцию ранжирования R(q, d), оценивающую семантическую близость запроса и документа. Результатом поиска является

упорядоченный список документов по убыванию значения R(q, d) [2, с. 5].

Центральным элементом семантического поиска является векторная модель, в которой тексты представляются в виде векторов в многомерном пространстве признаков. Семантическая близость двух текстов определяется через метрику векторного пространства [8, с. 42].

Наиболее распространённой мерой сходства является косинусное сходство, вычисляемое по формуле:

$$sim(q,d) = (q \cdot d) / (||q|| \times ||d||)$$

Формула 1 – Косинусное сходство векторов

где q и d – векторы запроса и документа, (q · d) – скалярное произведение, ||q|| и ||d|| – евклидовы нормы векторов. Значение косинусного сходства лежит в диапазоне [-1; 1], при этом значение 1 соответствует полной семантической идентичности [2, с. 7].

Модель TF-IDF (Term Frequency – Inverse Document Frequency) составляет базовую основу для построения векторных представлений текстов. Вес термина t в документе d вычисляется как произведение частоты термина и обратной частоты документа [2, с. 8]:

$$TF-IDF(t,d) = tf(t,d) \times idf(t)$$

Формула 2 – Вес термина в модели TF-IDF

где tf(t, d) – частота термина t в документе d, вычисляемая как отношение числа вхождений термина к общему числу терминов в документе. Обратная частота документа idf(t) определяется выражением:

$$idf(t) = log(N / df(t))$$

Формула 3 – Обратная частота документа (IDF)

где N – общее число документов в коллекции, df(t) – число документов, содержащих термин t [2, с. 9].

Таблица 1 – Сравнение моделей представления текста

№	Модель	Принцип	Преимущества	Ограничения
1	TF-IDF	Частотный анализ	Простота, интерпретируемость	Игнорирование семантики
2	VSM	Векторное пространство	Математическая формализация	Разреженность матриц
3	LSA	Сингулярное разложение	Снижение размерности	Высокая вычислительная сложность

Архитектура BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) представляет собой двунаправленный трансформер, предварительно обученный на больших корпусах текстовых данных [3, с. 1]. Ключевой особенностью модели является механизм многоголового самовнимания (multi-head self-attention), позволяющий устанавливать контекстуальные зависимости между всеми элементами входной последовательности.

Механизм внимания вычисляет взвешенную сумму значений на основе запросов и ключей:

$$Attention(Q,K,V) = softmax(QK^T / \sqrt{d_k})\,V$$

Формула 4 – Механизм внимания (Attention) в архитектуре Transformer

где Q, K, V – матрицы запросов, ключей и значений, d_k – размерность ключей. Операция softmax нормализует веса внимания так, что их сумма равна 1 [3, с. 3].

Модель Sentence-BERT адаптирует архитектуру BERT для задачи построения семантических векторных представлений предложений. В отличие от исходной модели BERT, вычислительная сложность сопоставления пар предложений снижается с $O(n^2)$ до O(n) за счёт предварительного кодирования предложений в плотные векторы [4, с. 1].

Архитектура Sentence-BERT использует сиамскую сеть с общими весами для обоих входных предложений. Векторное представление формируется путём усреднения выходных эмбеддингов токенов или извлечения эмбеддинга специального токена [CLS] [4, с. 2].

Метод Dense Passage Retrieval (DPR) разработан специально для задачи извлечения релевантных пассажей в открытых доменах

вопросов и ответов. Архитектура включает два независимых энкодера: один для кодирования вопросов, другой – для пассажей [5, с. 1].

Обучение модели DPR основано на минимизации отрицательного логарифмического правдоподобия положительных пассажей. Данный подход обеспечивает высокую эффективность при работе с большими коллекциями документов [5, с. 3].

Модель ColBERT (Contextualized Late Interaction over BERT) реализует механизм позднего взаимодействия между контекстуализированными эмбеддингами токенов запроса и документа. Данный подход обеспечивает баланс между вычислительной эффективностью и качеством ранжирования [6, с. 1].

Функция ранжирования ColBERT определяется как сумма максимальных сходств между токенами запроса и документа:

$$S(q,d) = \Sigma_i \, max_j \, (E_q_i \cdot E_d_j)$$

Формула 5 – Функция ранжирования в модели ColBERT (Late Interaction)

где E_q_i – контекстуализированный эмбеддинг i-го токена запроса, E_d_j – эмбеддинг j-го токена документа. Операция max вычисляется по всем токенам документа для каждого токена запроса [6, с. 2].

Таблица 2 – Сравнение нейросетевых моделей семантического поиска

№	Модель	Архитектура	Сложность	Качество	Применение
1	BERT	Трансформер	$O(n^2)$	Высокое	Классификация текста
2	S-BERT	Сиамская сеть	O(n)	Высокое	Семантический поиск
3	DPR	Двойной энкодер	O(n)	Высокое	QA-системы
4	ColBERT	Позднее взаимод.	O(nk)	Очень высокое	Пассажный поиск

Сравнительный анализ представленных моделей показывает, что каждая архитектура имеет свои преимущества и области применения. Модель BERT обеспечивает наивысшее качество при решении задач классификации и понимания текста, однако требует

значительных вычислительных ресурсов. Sentence-BERT и DPR оптимизированы для задач семантического поиска и демонстрируют линейную вычислительную сложность относительно размера коллекции [4, с. 4; 5, с. 5].

Модель ColBERT представляет компромиссное решение между качеством точного ранжирования и вычислительной эффективностью. Механизм позднего взаимодействия позволяет сохранить детальную информацию о взаимосвязях между токенами при одновременном снижении вычислительных затрат по сравнению с полным попарным сопоставлением [6, с. 4].

Проведённый анализ демонстрирует эволюцию методов семантического поиска от классических статистических моделей TF-IDF к современным нейросетевым архитектурам на базе трансформеров. Модели BERT и её производные обеспечивают существенное повышение качества поиска за счёт учёта контекстуальных зависимостей и построения плотных семантических векторных представлений [10, с. 1].

Методы Sentence-BERT и DPR оптимизированы для задач семантического поиска и демонстрируют высокую эффективность при работе с большими коллекциями документов. Линейная вычислительная сложность данных методов делает их применимыми в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. Модель ColBERT представляет компромиссное решение, сочетающее качество точного ранжирования с вычислительной эффективностью [6, с. 4].

Перспективными направлениями развития являются интеграция семантического поиска с генеративными моделями в рамках архитектур Retrieval-Augmented Generation (RAG), а также разработка специализированных методов для многомодального поиска, объединяющего текстовую и визуальную информацию [7, с. 1; 10, с. 2].

Применение рассмотренных методов в системах управления медиаконтентом позволяет повысить релевантность поиска, снизить зависимость результата от точного совпадения словоформ и обеспечить поддержку семантической навигации по крупным коллекциям. Дальнейшие исследования целесообразно направить на адаптацию нейросетевых методов для работы с мультимодальными данными и оптимизацию вычислительной эффективности при масштабировании на большие коллекции.

ЛИТЕРАТУРА

1 Басипов А. А., Демич О. В. Семантический поиск: проблемы и технологии // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2012. № 1. С. 86–93.

2 Шалагин А. А. Обзор алгоритмов семантического поиска по текстовым документам. 2024. 15 с.

3 Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding // arXiv:1810.04805. 2019. 16 с.

4 Reimers N., Gurevych I. Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks // arXiv:1908.10084. 2019. 11 с.

5 Karpukhin V., Oguz B., Min S. et al. Dense Passage Retrieval for Open-Domain Question Answering // EMNLP. 2020. P. 6769–6781.

6 Khattab O., Zaharia M. ColBERT: Efficient and Effective Passage Search via Contextualized Late Interaction // arXiv:2004.12832. 2020. 14 с.

7 Radford A., Kim J. W., Hallacy C. et al. Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision // arXiv:2103.00020. 2021. 30 с.

8 Кравченко Ю. А., Марков В. В., Новиков А. А. Семантический поиск в Semantic Web. 2016. 45 с.

9 Новикова Ю. С., Терещенко Д. Ю., Поляков С. Е., Самойлов А. Н. Семантическая поисковая система на основе отображения онтологии. 2017. 12 с.

10 Gao Y., Lei J., Zhang Y. et al. Evaluation of Retrieval-Augmented Generation: A Survey // arXiv:2405.07437. 2024. 47 с.

Секция 6
Математиканың өзекті мәселелері
Актуальные вопросы математики

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДИЭДРАЛЬНОЙ ГРУППЫ ПОРЯДКА 16

АЙДАРХАНОВ А. Ғ.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ПАВЛЮК И. И.
к.ф.-м.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Диэдральные группы занимают важное место в теории групп как группы симметрий правильных многоугольников. Данная работа посвящена анализу структуры диэдральной группы порядка 16 и включает в себя визуализацию отношений между элементами.

Теория групп применяется во многих прикладных областях таких как физика и криптография. Однако, её абстрактные аспекты часто затрудняют изучение. Поэтому, визуализация объектов теории групп является актуальной темой для исследования. Результаты визуализации групп могут быть использованы для наглядного анализа структур объектов теории групп [1, с. 15].

Теоретические результаты данной работы могут быть использованы в дальнейших научных исследованиях в области теории групп и в её приложениях, а также при преподавании специальных курсов по алгебре для студентов и магистрантов математических специальностей.

Используя генетический код группы, $a^8 = b^2 = (ab)^2 = e;\ ba = a^7b$, построим таблицу Келли группы $G_{16} = \{e, a, a^2, a^3, a^4, a^5, a^6, a^7, b, ab, a^2b, a^3b, a^4b, a^5b, a^6b, a^7b\}$ (таблица 1). Построим таблицу сопряжения элементов группы G_{16} (таблица 2) [2, с. 41].

Определение 1. [3, с. 14] Пусть Элемент $a, b \in G.$ сопряжен элементом b посредством элемента x, если и только если $\exists x \in G | a^x = b.$

Определение 2. [4, с. 18] Пусть Элемент $a, b \in G.$ Элемент a коммутирует с элементом b если и только если $ab = ba$.

Далее построим таблицу коммутирования элементов данной группы (таблица 3).

Используя таблицу коммутативности и Python, а точнее библиотеку NetworkX был построен граф отношения коммутативности элементов группы G_{16}.

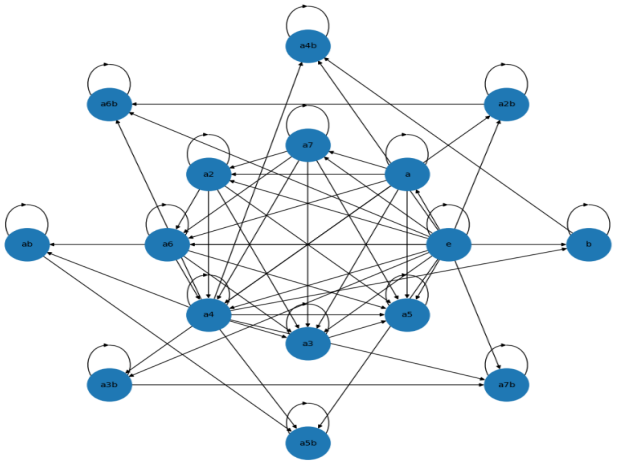


Рисунок 1 – Граф коммутативности

Стоит отметить то что в графе для удобства визуализации используется ориентированное представление без булирования дуг. То есть, каждое ребро соотвествует паре (x, y) и где x и y элементы группы G_{16} (рисунок 1).

Таблица 1 – Таблица Келли элементов группы

.	e	a7	a	a6	a2	a4	a5	a3	b	a2b	a4b	a6b	ab	a3b	a5b	a7b
e	e	a7	a	a6	a2	a4	a5	a3	b	a2b	a4b	a6b	ab	a3b	a5b	a7b
a	a	e	a2	a7	a3	a5	a6	a4	ab	a3b	a5b	a7b	a2b	a4b	a6b	b
a7	a7	a6	e	a5	a	a3	a4	a2	a7b	ab	a3b	a5b	b	a2b	a4b	a6b
a2	a2	a	a3	e	a4	a6	a7	a5	a2b	a4b	a6b	b	a3b	a5b	a7b	ab
a6	a6	a5	a7	a4	e	a2	a3	a	a6b	b	a2b	a4b	a7b	ab	a3b	a5b
a4	a4	a3	a5	a2	a6	e	a	a7	a4b	a6b	b	a2b	a5b	a7b	ab	a3b
a3	a3	a2	a4	a	a5	a7	e	a6	a3b	a5b	a7b	ab	a4b	a6b	b	a2b
a5	a5	a4	a6	a3	a7	a	a2	e	a5b	a7b	ab	a3b	a6b	b	a2b	a4b
b	b	ab	a7b	a2b	a6b	a4b	a3b	a5b	e	a6	a4	a2	a7	a5	a3	a
a2b	a2b	a3b	ab	a4b	b	a6b	a5b	a7b	a2	e	a6	a4	a	a7	a5	a3
a4b	a4b	a5b	a3b	a6b	a2b	b	a7b	ab	a4	a2	e	a6	a3	a	a7	a5
a6b	a6b	a7b	a5b	b	a4b	a2b	ab	a3b	a6	a4	a2	e	a5	a3	a	a7
ab	ab	a2b	b	a3b	a7b	a5b	a4b	a6b	a	a7	a5	a3	e	a6	a4	a2
a3b	a3b	a4b	a2b	a5b	ab	a7b	a6b	b	a3	a	a7	a5	a2	e	a6	a4
a5b	a5b	a6b	a4b	a7b	a3b	ab	b	a2b	a5	a3	a	a7	a4	a2	e	a6
a7b	a7b	b	a6b	ab	a5b	a3b	a2b	a4b	a7	a5	a3	a	a6	a4	a2	e

Таблица 2 – Таблица сопряжения элементов группы

*	e	a7	a	a6	a2	a4	a5	a3	b	a2b	a4b	a6b	ab	a3b	a5b	a7b
e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a7	a7	a7	a7	a7	a7	a7	a7
a7	a7	a7	a7	a7	a7	a7	a7	a7	a	a	a	a	a	a	a	a
a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a6	a6	a6	a6	a6	a6	a6	a6
a6	a6	a6	a6	a6	a6	a6	a6	a6	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2
a4	a4	a4	a4	a4	a4	a4	a4	a4	a4	a4	a4	a4	a4	a4	a4	a4
a3	a3	a3	a3	a3	a3	a3	a3	a3	a5	a5	a5	a5	a5	a5	a5	a5

a5 b	a5 b	a5 a2b	a5 a6b	a5 a4b	a5 a4b	a5 b	a5 a6b	a5 a2b	a3 b	a3 a4b	a3 b	a3 a4b	a3 a2b	a3 a6b	a3 a2b	a3 a6b
a2b	a2b	a4b	b	a6b	a6b	a2b	b	a4b	a6b	a2b	a6b	a2b	b	a4b	b	a4b
a4b	a4b	a6b	a2b	b	b	a4b	a2b	a6b	a4b	b	a4b	b	a6b	a2b	a6b	a2b
a6b	a6b	b	a4b	a2b	a2b	a6b	a4b	b	a2b	a6b	a2b	a6b	a4b	b	a4b	b
ab	ab	a3b	a7b	a5b	a5b	ab	a7b	a3b	a7b	a3b	a7b	a3b	ab	a5b	ab	a5b
a3b	a3b	a5b	ab	a7b	a7b	a3b	ab	a5b	a5b	ab	a5b	ab	a7b	a3b	a7b	a3b
a5b	a5b	a7b	a3b	ab	ab	a5b	a3b	a7b	a3b	a7b	a3b	a7b	a5b	ab	a5b	ab
a7b	a7b	ab	a5b	a3b	a3b	a7b	a5b	ab	ab	a5b	ab	a5b	a3b	a7b	a3b	a7b

Таблица 3 – Таблица коммутаторов группы

.	e	a7	a	a6	a2	a4	a5	a3	b	a2b	a4b	a6b	ab	a3b	a5b	a7b
e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
a	e	e	e	e	e	e	e	e	a6	a6	a6	a6	a6	a6	a6	a6
a7	e	e	e	e	e	e	e	e	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2	a2
a2	e	e	e	e	e	e	e	e	a6	a6	a6	a6	a6	a6	a6	a6
a6	e	e	e	e	e	e	e	e	a4	a4	a4	a4	a4	a4	a4	a4
a4	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
a4	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
a5 b	e e	e a6	e a2	e a4	e a4	e e	e a2	e a6	a6 e	a6 a4	a6 e	a6 a4	a6 a6	a6 a2	a6 a6	a6 a2

a2b	e	a6	a2	a4	a4	e	a2	a6	a4	e	a4	e	a2	a6	a2	a6
a4b	e	a6	a2	a4	a4	e	a2	a6	e	a4	e	a4	a6	a2	a6	a2
a6b	e	a6	a2	a4	a4	e	a2	a6	a4	e	a4	e	a2	a6	a2	a6
ab	e	a6	a2	a4	a4	e	a2	a6	a2	a6	a2	a6	e	a4	e	a4
a3b	e	a6	a2	a4	a4	e	a2	a6	a6	a2	a6	a2	a4	e	a4	e
a5b	e	a6	a2	a4	a4	e	a2	a6	a2	a6	a2	a6	e	a4	e	a4
a7b	e	a6	a2	a4	a4	e	a2	a6	a6	a2	a6	a2	a4	e	a4	e

Централизаторами данной группы являются:

$C(e) = C(a^4) = G_{16}$; $C(a) = \{a, a^2, a^3, a^4, a^5, a^6, a^7, e\} = C(a^2) = C(a^3) = C(a^5) = C(a^6) = C(a^7)$; $C(b) = C(a^4b) = \{e, a^4, b, a^4b\}$; $C(ab) = C(a^5b) = \{e, a^4, ab, a^5b\}$; $C(a^2b) = C(a^6b) = \{e, a^4, a^2b, a^6b\}$; $C(a^3b) = C(a^7b) = \{e, a^4, a^3b, a^7b\}$

[4, с. 36].

Центром группы G_{16} является $Z(G_{16}) = \bigcap_{g \in G_{16}} C(g) = \{e, a^4\}$.

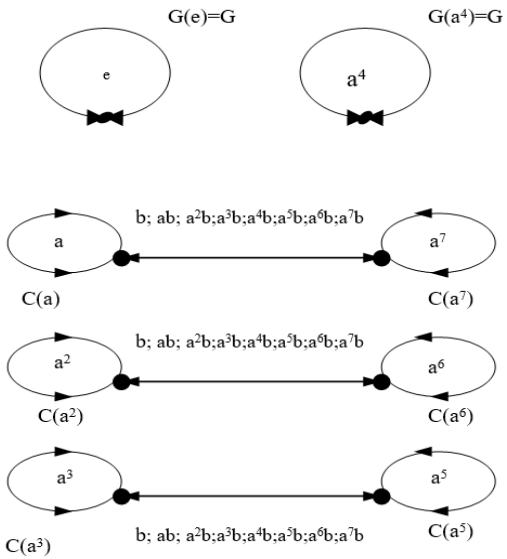


Рисунок 2 – Графовое строение классов сопряженных элементов G16 (часть 1)

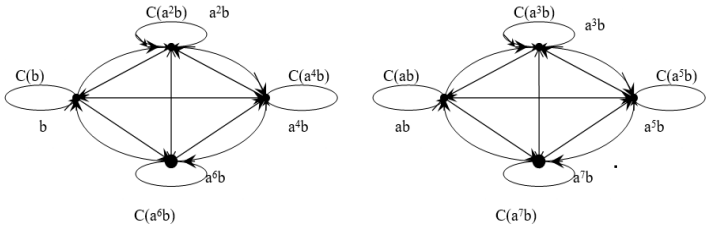


Рисунок 3 – Графовое строение классов сопряженных элементов G16 (часть 2)

В работе была изучена структура группы G16. Построены таблицы Келли, сопряжения и коммутативности, а так же графы коммутативности и классов сопряженных элементов и выполнена визуализация элементов и отношении между ними. В дальнейших исследованиях с использованием программирования рекомендуется автоматизировать построение таблиц и графов для нескольких или любых объектов конечных групп.

ЛИТЕРАТУРА

1 Armstrong M.A. Groups and Symmetry // Undergraduate texts in Mathematics. 1988. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4034-9

2 Гросман И., Магнус И. Группы и их Графы. – И. Л., 1964. – 245 с.

3 Аминов Л. К. Теория групп и ее приложения. Конспект лекций и задачи / Л. К. Аминов, А. С. Кутузов, Ю. Н. Прошин. – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 123 с.

4 Каргаполов М. И., Мерзляков Ю. И. Основы теории группы. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1982. – 288 с.

VISUALIZATION OF SELECTED ALGEBRAIC STRUCTURES IN THE DIHEDRAL GROUP OF ORDER 10

AIDARKHANOV A.
Master's student, Toraighyrov University, Pavlodar
PAVLYUK I. I.
Cand. Sc. (Phys.-Math), professor, Toraighyrov University, Pavlodar

Dihedral groups, denoted as D_n represent symmetries of a regular n-gon or regular polygon with sides and has $2n$ elements. D_n is about how a regular polygon is rotated and flipped so that the polygons looks exacly the same. For example, D_3 represents all possible ways to flip and rotate an equilateral trinagle. Dihedral groups are one of the crucial objects of the finite group theory. It provides connection between absract algebra and physical real world symmetry since dihedral groups can be used to model any system that can be rotated and flipped [1, p. 17].

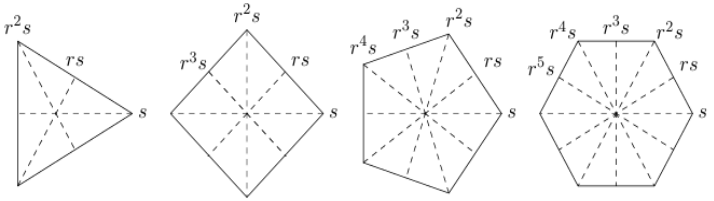


Figure 1 – Regular polygons for n=3,4,5,6

Particularly, this paper is dedicated to the visualization of the some structures of the dihedral group D_5 of order 10. Visualization of the object of finite group theory is important since it gives clear graphical and vusual interpretation of the complex abstract ideas behind the certain group. While it is hard to understand big and complex groups of higher order, visualization of groups can simplify the education process of abstract algebra students. Further it may open new research opportunities [2, p. 569].

The n rotation in D_n: $1, r, r^2, \ldots, r^{n-1}$ where "r" stands for rotation. The n reflections in D_n: $f, rf, r^2f, \ldots, r^{n-1}f$ where "f" stands for flips. Rotation of polygon times brings to starting position: r^n=1. Flipping twice is similar: $f^2 = 1$.

Definition 1. Group presentation for D_n is $D_n = \langle r, f | r^n = 1, f^2 = 1, frf = r^{-1} \rangle$.

The following notations of group presentation can be used in papers: $D_n = \langle r,s|r^n = 1, s^2 = 1, srs = r^{-1}\rangle$ or $D_n = \langle a,b|b^n = e, a^2 = e, aba = b^{-1}\rangle$. The elements of D_n: $D_n = \{1, r, r^2, \ldots, r^{n-1}, f, rf, r^2f, \ldots, r^{n-1}f\}$.

Let us define the , the dihedral group of order 10 that can be notated as G_{10}. $D_5 = \{e, a, ab, ab^2, ab^3, ab^4, b, b^2, b^3, b^4\}$. Group presentation: $a^2 = e, b^5 = e, ba = ab^4$. The corresponding Cayley table for $D_5 = \langle a,b|a^2 = b^5 = e, ba = ab^4\rangle$ is presented below (Table 1). Cayley tables can be vusialized by deliberate color-coding similar to heatmap, that may reveal structures behind the large-order groups (Figure 2).

e	r	r^2	r^3	frf	f	rf	r^2f	fr^2	fr
r	r^2	r^3	frf	e	rf	r^2f	fr^2	fr	f
r^2	r^3	frf	e	r	r^2f	fr^2	fr	f	rf
r^3	frf	e	r	r^2	fr^2	fr	f	rf	r^2f
frf	e	r	r^2	r^3	fr	f	rf	r^2f	fr^2
f	fr	fr^2	r^2f	rf	e	frf	r^3	r^2	r
rf	f	fr	fr^2	r^2f	r	e	frf	r^3	r^2
r^2f	rf	f	fr	fr^2	r^2	r	e	frf	r^3
fr^2	r^2f	rf	f	fr	r^3	r^2	r	e	frf
fr	fr^2	r^2f	rf	f	frf	r^3	r^2	r	e

Figure 2 – Color-coded Cayley Table of

Definition 2. [3, p. 18] Let $a, b \in G$. An element commute with an element b, if and only if, $ab = ba$. Commutation table below (Table 2).

Definition 3. [4, p. 14] Let $a, b \in G$. The elements and conjugate, if and only if $\exists x \in G | a^x = b$.

Definition 4. Let be a group. The conjugacy class of an element is a set: $Cl(a) = \{xax^{-1}|x \in G\}$.

Conjugacy is a reflexive, symmetric and transitive equivalence relation which implies that conjugacy classes partition the group into disjoint subsets. The dihedral group particularly has 4 conjugacy classes: $Cl(a) = \{a, ab, ab^2, ab^3, ab^4\}, Cl(b) = \{b, b^4\}, Cl(b^2) = \{b^2, b^3\}, Cl(e) = \{e\}$. What

is more, conjugacy table of elements of the group is attached below (Table 3).

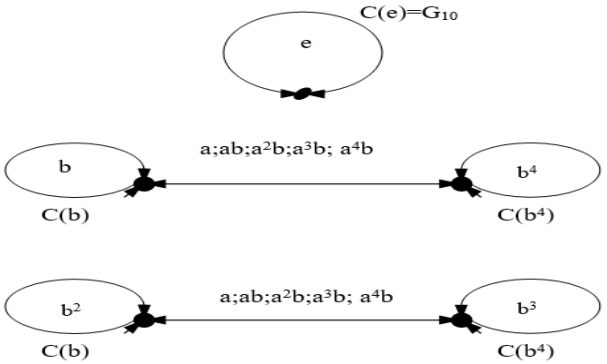


Figure 3 – Graph of Conjugacy classes *Cl(e), Cl(b)* and *Cl(b²)*of D_5

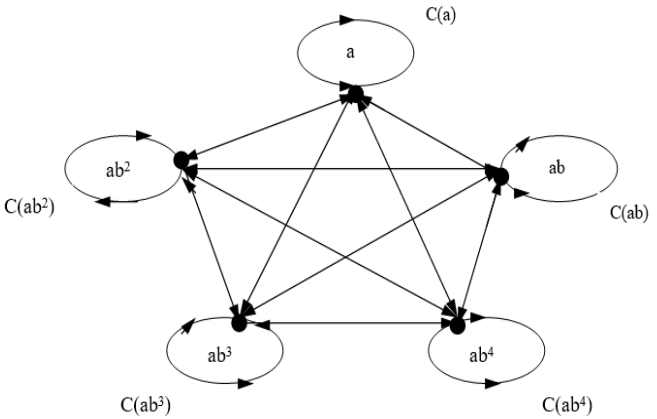


Figure 4 – Graph of Conjugacy class *Cl(a)* of D_5

Centralizers of the group D_5: $C(b) = C(b^2) = C(b^3) = C(b^4) = \{e, b, b^2, b^3, b^4\}$; $C(a) = \{e, a\}$; $C(ab) = \{e, ab\}$; $C(ab^2) = \{e, ab^2\}$; $C(ab^3) = \{e, ab^3\}$; $C(ab^4) = \{e, ab^4\}$ $Z(D_5) = \cap_{g \in D_5} C(g) = \{e\}$ is the group center. has a trivial center.

Table 1 – Cayley's multiplication Table of

.	e	a	ab	ab^2	ab^3	ab^4	b	b^4	b^2	b^3
e	e	a	ab	ab^2	ab^3	ab4	b	b^4	b^2	b^3
a	a	e	b	b^2	b^3	b^4	ab	ab^4	ab^2	ab^3
ab^4	ab^4	b	b^2	b^3	b^4	e	a	ab^3	ab	ab^2
ab^3	ab^3	b^2	b3	b4	e	b	ab^4	ab^2	a	ab
ab^2	ab^2	b^3	b4	e	b	b^2	ab^3	ab	ab^4	a
ab	ab	b^4	e	b	b^2	b^3	ab^2	a	ab^3	ab^4
b^4	b4	ab	ab^2	ab^3	ab^4	a	e	b3	b	b^2
b	b	ab^4	a	ab	ab^2	a b^3	b^2	e	b^3	b^4
b^3	b^3	ab^2	ab^3	ab4	a	ab	b^4	b^2	e	b
b^2	b^2	ab^3	ab^4	a	ab	ab^2	b^3	b	b^4	e

Table 2 – Commutation Table for

o	e	a	b	b^2	b^3	b^4	ab	ab^2	ab^3	ab^4
e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
a	e	e	b^2	b^4	b	b^3	b^2	b^4	b	b^3
ab	e	b^3	b^2	b^4	b	b^3	e	b^2	b	b
ab^2	e	b	b^2	b^4	b	b^3	b^3	e	b^2	b^4
ab^3	e	b^4	b^2	b^4	b	b^3	b	b^3	e	b^2
ab^4	e	b^2	b^2	b^4	b	b^3	b^4	b	b^3	e
b	e	b^3	e	e	e	e	b^3	b^3	b^3	b

b^4	e	b^2	e	e	e	e	b^2	b^2	b	b
b^2	e	b	e	e	e	e	b	b	b	b
b^3	e	b^4	e	e	e	e	b^4	b^4	b^4	b^4

Table 3 – Conjugacy Table of the elements of group

*	e	a	b	b^2	b^3	b^4	ab	ab^2	ab^3	ab^4
e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
a	a	a	ab^2	ab^4	ab	ab^3	ab^2	ab^4	ab	ab^3
ab	ab	ab^4	ab^3	a	ab^2	ab^4	ab	ab^3	a	ab^2
ab^2	ab^2	ab^3	ab^4	ab	ab^3	a	a	ab^2	ab^4	ab
ab^3	ab^3	ab^2	a	ab^2	ab^4	ab	ab4	ab	ab^3	a
ab^4	ab^4	ab	ab	ab^3	a	ab^2	ab^3	a	ab^2	ab^4
b	b	b^4	b	b	b	b	b^4	b^4	b^4	b^2
b^4	b^4	b	b^4	b^4	b^4	b^4	b	b	b	b
b^2	b^2	b^3	b^2	b^2	b^2	b^2	b^3	b^3	b^3	b^3
b^3	b^3	b^2	b^3	b^3	b^3	b^3	b^2	b^2	b^2	b^2

To conclude, this paper visualized certain algebraic structures of dihedral group of order 10. Cayley table, conjugacy classes, conjugacy and commutation relations are analyzed, and corresponding visuals are constructed including the graphs. It is possible to see some patterns and properties of the group as number of conjugacy classes and its size. Commutation table suggests that group is non-abelian and shows the center of the group. We may conclude that visualization is an effective tool to understand the complex finite groups of higher order. It is recommended to research the automation table and graph construction processes using programming.

REFERENCES

1 Armstrong M. A. Groups and Symmetry // Undergraduate texts in Mathematics. 1988. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4034-9

2 Jayathilaka B. M. S. M., Sanjeewa R. Visualization of cyclic, dihedral and symmetric groups // International Journal of Research and Innovation in Applied Science. 2025 Vol. X, № VII. P. 548–569 https://doi.org/10.51584/IJRIAS.2025.100700050

3 Каргаполов М. И., Мерзляков Ю. И. Основы теории группы. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1982. – 288 с.

4 Аминов Л. К. Теория групп и ее приложения. Конспект лекций и задачи / Л. К. Аминов, А. С. Кутузов, Ю. Н. Прошин. – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 123 с.

РАЗВИТИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ УЧАЩИХСЯ 9 КЛАССОВ ЧЕРЕЗ ПРОБЛЕМНОЕ ОБУЧЕНИЕ И РАБОТУ С УЧЕБНЫМИ МОДЕЛЯМИ

БОГДАНОВА Ю. Н.
учитель математики, Назарбаев Интеллектуальная школа естественно-математического направления, г. Петропавловск
ТУСУПОВА А. Ж.
учитель математики, Назарбаев Интеллектуальная школа естественно-математического направления, г. Павлодар

Развитие аналитических навыков у школьников является одной из ключевых задач современного образования. Проблемное обучение (PBL) позволяет учащимся активно осмысливать математические задачи, строить модели и аргументировать решения, что способствует формированию критического мышления.

Тема исследования: развитие аналитических навыков учащихся 9 классов с помощью математических моделей в рамках PBL. Цель исследования: анализ влияния PBL и работы с математическими моделями на развитие аналитических навыков у учащихся 9 классов.

Задачи исследования:

– Исследовать подходы к развитию аналитических навыков через математические модели;

– Разработать и использовать задачи с моделями (уравнения, графики, таблицы, схемы);

– Организовать и провести наблюдаемую работу учащихся с PBL;

– Оценить эффективность работы по развитию аналитического мышления.

Исследование основано на анализе литературы, наблюдении за учениками в школах NIS Павлодара и Петропавловска, сравнении динамики прогресса и фиксации результатов с использованием рубрик NIS. Результаты показали, что PBL с использованием математических моделей способствует развитию навыков аргументации, системного анализа, визуализации данных и прогнозирования.

Применение PBL в математике также поддерживает профессиональное развитие учителя, позволяя фиксировать, анализировать и корректировать учебный процесс.

Ключевые слова: проблемное обучение, аналитические навыки, математические модели, 9 класс, визуализация данных, прогнозирование, NIS, критическое мышление.

Введение

Развитие аналитических навыков у школьников является одной из ключевых задач современного образования. Анализ, умение видеть взаимосвязи, строить логические выводы и применять математические методы — это не только академические компетенции, но и навыки, необходимые для успешного решения реальных проблем. Особенно важно формировать эти навыки у учащихся 9 класса, которые переходят к более сложным формам мышления и начинают активно готовиться к исследовательской деятельности и проектным заданиям [1, с. 3].

В сети Nazarbayev Intellectual Schools (NIS) особое внимание уделяется развитию критического и аналитического мышления через активные методы обучения, среди которых ключевое место занимает проблемное обучение (Problem-Based Learning, PBL). PBL ставит перед учащимися реальные или учебные проблемы, требующие самостоятельного анализа, построения моделей и аргументированного решения. Такой подход стимулирует учащихся быть активными участниками учебного процесса, развивать системное мышление и применять междисциплинарные знания [2, с. 235]

Особое значение в развитии аналитических навыков имеет работа с учебными и реальными моделями: графиками, схемами, таблицами и уравнениями. Они позволяют визуализировать данные, выявлять закономерности и прогнозировать результаты, что делает процесс анализа наблюдаемым и измеримым. Такой подход также

помогает учителю фиксировать прогресс учеников и корректировать учебные задачи в реальном времени [3].

Актуальность исследования определяется необходимостью интеграции проблемного обучения и работы с моделями в 9 классе, где учащиеся формируют ключевые аналитические компетенции. Целью исследования является изучение того, как PBL и работа с учебными моделями способствуют развитию аналитических навыков у учеников 9 класса и выявление методов, которые наиболее эффективно стимулируют наблюдаемый прогресс [4, с. 86].

Методология

1. Цель и объект исследования

Исследование проводилось на базе сети NIS в школах Павлодара и Петропавловска. Основная цель — проследить, как применение техник PBL в математике способствует развитию аналитических навыков через работу с математическими моделями: уравнениями, графиками, таблицами и схемами [5, с. 86].

Объект исследования: учащиеся 9 класса, работающие над математическими задачами с моделями.

2. Подготовка задач и моделей

Для наблюдения за развитием аналитических навыков были подготовлены задачи, позволяющие учащимся применять моделирование, визуализацию и анализ [6, с. 32].

Типы моделей и примеры задач:

1. Функции и уравнения

Построение графика функции, определение пересечений с осями, нахождение максимума/минимума.

Пример: задача на квадратичную функцию , построение графика и анализ максимального значения.

2. Таблицы и системы уравнений

Составление таблицы значений функции, решение системы уравнений, анализ закономерностей.

Пример: система линейных уравнений с построением таблицы значений и нахождением точки пересечения графиков.

3. Графики и визуализация

Построение графиков зависимости между переменными, анализ изменений, прогнозирование.

Пример: построение графика линейной функции и прогноз значения при заданном .

4. Схемы и алгоритмы решения

Представление последовательности шагов решения задачи в виде схемы.

Пример: алгоритм решения квадратного уравнения с ветвями для разных дискриминантов.

3. Организация работы учащихся

– Ученики работали индивидуально или в малых группах (3–4 человека).

– Каждая задача разбивалась на этапы:

1) Анализ условия задачи и сбор данных;

2) Построение модели (таблица, график, схема, уравнение);

3) Анализ модели и выявление закономерностей;

4) Аргументация решения и проверка прогноза.

На каждом этапе фиксировался прогресс через рубрики NIS, позволяя наблюдать динамику аналитического мышления.

4. Сбор данных и оценка

– До работы: диагностическая оценка аналитических навыков (логика, системность, умение строить модели).

– Во время работы: наблюдение за построением моделей и фиксация корректности решений.

– После работы: контрольное задание для проверки прогресса.

Критерии оценки:

– Аргументация решений;

– Системный анализ;

– Визуализация данных;

– Прогнозирование результатов.

5. Методы фиксации прогресса

Использовались рубрики NIS:

1 – начальный, 2 – средний, 3 – высокий, 4 – эксперт.Прогресс фиксировался на каждом этапе, сравнивались данные между школами для оценки эффективности PBL.

Результаты

В ходе исследования учащиеся 9 класса выполняли математические задачи с моделями в рамках PBL. Прогресс фиксировался по четырём критериям: аргументация, системный анализ, визуализация данных, прогнозирование, с использованием рубрики NIS.

1. Пример таблицы наблюдения прогресса

Таблица 1 – Наблюдение прогресса

Класс / Школа	Ученик	Аргументация (1–4)	Системный анализ (1–4)	Визуализация данных (1–4)	Прогнозирование (1–4)	Общий уровень
9А Павлодар	А1	2	3	3	2	Средний
	А2	3	2	3	3	Средний
9Б Петропавловск	Б1	3	3	4	3	Высокий
	Б2	2	2	3	2	Средний
9А Павлодар	А3	4	4	4	4	Эксперт

Примечание: оценки по критериям: 1 – начальный, 2 – средний, 3 – высокий, 4 – эксперт.

2. Анализ результатов

Аргументация: большинство учеников смогли обосновывать свои решения на уровне среднего и высокого уровня. Наблюдается прогресс в формулировке логических выводов на основе построенных моделей.

Системный анализ: учащиеся стали лучше видеть взаимосвязи между переменными, например, зависимость максимума функции от коэффициентов уравнения.

Визуализация данных: построение таблиц и графиков улучшилось, учащиеся корректно изображали ключевые точки (пересечение с осями, вершина параболы).

Прогнозирование: навыки прогнозирования развивались медленнее, некоторым ученикам требовались подсказки для определения значений функции вне исходного диапазона.

Вывод: использование PBL в математике с акцентом на работу с математическими моделями позволило наблюдать развитие аналитических навыков у 9-классников в обеих школах. Ученики стали более уверенно строить модели, анализировать закономерности и аргументировать решения

Заключение

Проведённое исследование подтвердило, что применение техник проблемного обучения (PBL) в математике для 9 класса эффективно способствует развитию аналитических навыков учащихся [7, с. 91]. Работа с математическими моделями – уравнениями, таблицами, графиками и схемами – позволила ученикам:

1) Аргументировать решения, формулировать логические выводы на основе построенных моделей.

2) Видеть взаимосвязи между переменными, анализировать закономерности и системные зависимости.

3) Визуализировать данные, строить точные таблицы, графики и схемы.

4) Прогнозировать результаты, делать обоснованные предположения о значениях функций вне исходного диапазона.

Сравнение прогресса между школами Павлодара и Петропавловска показало, что динамика развития аналитических навыков наблюдается во всех классах, хотя скорость освоения некоторых навыков (например, прогнозирования) может различаться.

Рекомендации для практики:

• Продолжать использовать PBL в математике, ориентируясь на задачи с моделями для развития аналитического мышления.

• Постепенно усложнять задачи: от построения таблиц и графиков – к анализу закономерностей и прогнозированию.

• Применять рубрики NIS для оценки прогресса на каждом этапе работы, что помогает фиксировать сильные стороны и зоны развития каждого ученика.

• Организовывать совместное межшкольное наблюдение, чтобы обмениваться эффективными практиками и наблюдать динамику прогресса.

Таким образом, исследование показало, что системная работа с математическими моделями в рамках PBL способствует развитию аналитического мышления у 9-классников, одновременно поддерживая профессиональное развитие учителя через наблюдение, анализ и корректировку учебных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1 Barrows H. S. Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview. – New York : Springer, 1996. – P. 3–12 [на англ. яз.].

2 Hmelo-Silve C. E. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? // Educational Psychology Review. – 2004. – Vol. 16, № 3. – P. 235–266 [на англ. яз.].

3 Niyazbekova G., Kassen M. Teaching Mathematics in NIS Schools: Curriculum and Pedagogical Approaches. – Astana : NIS Press, 2020. – 200 p. [на англ. яз.].

4 Polya G. How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method. – Princeton : Princeton University Press, 1957. – 253 p. [на англ. яз.].

5 Savin-Bade M., Major C. H. Foundations of Problem-Based Learning – Maidenhead : Open University Press, 2004. – 192 p. [на англ. яз.].

6 OECD. PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do. – Paris : OECD Publishing, 2019. – 352 p. [на англ. яз.].

7 Swan M. Improving Learning in Mathematics: Challenges and Strategies. – London : Routledge, 2005. – 176 p. [на англ. яз.].

МАТЕМАТИКА ПӘНІН ОҚЫТУДА ЦИФРЛЫҚ РЕСУРСТАРДЫ ТИІМДІ ПАЙДАЛАНУ ЖОЛДАРЫ

ДЮСЕМБИНА Ж. К.
т.ғ.к., доцент, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.
БАХЫТЖАНҚЫЗЫ Д.
магистрант, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.

Цифрлық технологиялар білім беру жүйесін трансформациялауда маңызды рөл атқарып, оны жаңа сапалық деңгейге көтеруде. Білім берудің болашағы цифрлық технологияларды тиімді қолданумен тығыз байланысты. Әсіресе жалпы білім беретін мектептерде цифрлық құралдарды оқу үдерісіне кіріктіру үшін мұғалімдер мен оқушылардың цифрлық құзыреттілігін дамыту, сондай-ақ білім беру ортасын тиісті деңгейде ұйымдастыру аса маңызды.

Математика пәнін оқытуда цифрлық технологияларды қолдану оқушылардың пәнге деген қызығушылығын арттыруға мүмкіндік береді. Қазіргі оқушылар цифрлық ортада белсенді әрекет ететіндіктен, олардың оқу мотивациясын арттыруда цифрлық ресурстар маңызды рөл атқарады. Оқушылардың технологиялық сауаттылығы мен танымдық қызығушылығын тиімді пайдалану математиканы оқытудағы инновациялық тәсілдерді дамытуға негіз болады.

Дәстүрлі оқыту жағдайында оқушылар көбінесе оқу үдерісінің пассивті қатысушылары болып қалып, дайын білімді қабылдаумен шектеледі. Мұндай тәсіл олардың терең түсінуі мен сыни ойлау дағдыларының жеткілікті деңгейде қалыптасуына кедергі келтіруі мүмкін. Ал цифрлық технологияларды қолдану оқыту үдерісін жандандырып, оқушыларды белсенді әрекетке тартуға жағдай жасайды.

Цифрлық ресурстардың мүмкіндіктері тек есептеу әрекеттерімен шектелмейді. Олар оқушылардың зерттеушілік дағдыларын дамытуға, өздігінен білім алуына және білімді құрастыруына мүмкіндік береді. Нәтижесінде оқушылардың абстрактілі ойлау қабілеті дамып, математикалық білімді терең әрі саналы меңгеруіне ықпал етеді.

1. Цифрлық ресурстар ұғымы және олардың жіктелуі

Қазіргі педагогикалық ғылымда «цифрлық ресурстар» ұғымы бірыңғай анықтамамен шектелмей, әртүрлі ғылыми бағыттар тұрғысынан қарастырылып келеді. Кең мағынада цифрлық білім беру ресурстары деп оқу-тәрбие үдерісінде қолданылатын, электрондық форматта ұсынылған ақпараттық және технологиялық құралдардың жиынтығы түсініледі.

Ғылыми әдебиеттерде бұл ұғымның мазмұны әртүрлі қырынан ашылады. Мысалы, Т.А. Лавина мен В.В. Лаптев цифрлық ресурстарды оқытудың мазмұнын, ұйымдастыру формаларын және әдістерін трансформациялауға қабілетті педагогикалық құрал ретінде сипаттайды. Ал А.В. Осин оларды мультимедиялық өнім ретінде қарастырып, интерактивтілік пен визуализацияны негізгі сипаттамалары ретінде айқындайды. Сонымен қатар, ЮНЕСКО-ның 2023 жылғы баяндамасында цифрлық білім беру ресурстары білім сапасын арттырудың басым бағыттарының бірі ретінде белгіленген [1, б.5].

Математика пәнін оқыту контексінде цифрлық ресурстарды мазмұны мен функционалдық мүмкіндіктеріне қарай бірнеше топқа жіктеуге болады. Бірінші топқа математикалық бағдарламалық жүйелер жатады. Бұл топқа GeoGebra, Desmos, Wolfram Alpha және Microsoft Mathematics сияқты бағдарламалар кіреді. Аталған құралдар оқушыларға алгебралық, геометриялық және статистикалық есептерді интерактивті ортада шешуге және олардың нәтижелерін көрнекі түрде бейнелеуге мүмкіндік береді.

Екінші топ – онлайн оқыту платформалары. Олардың қатарына Khan Academy, Coursera сияқты халықаралық ресурстармен қатар, Қазақстандық BilimLand және Учи.кз платформалары жатады.

Үшінші топ – интерактивті бағалау және геймификация құралдары. Бұл санатқа Kahoot, Quizizz және Mentimeter сияқты қосымшалар кіреді. Аталған құралдар оқу үдерісінде кері байланысты жедел ұйымдастыруға, сондай-ақ оқушылардың оқу мотивациясын арттыруға мүмкіндік береді.

Төртінші топ – мультимедиялық оқу материалдары: бейнесабақтар, анимациялық модельдер, интерактивті презентациялар және инфографикалар. Бұл ресурстар күрделі математикалық ұғымдарды көрнекі түрде түсіндіру арқылы олардың меңгерілуін жеңілдетеді.

2. Цифрлық ресурстарды математика оқытуда пайдаланудың теориялық негіздері

Цифрлық ресурстарды оқытуда қолдану бірнеше іргелі педагогикалық теорияларға сүйенеді.

Конструктивизм теориясы (Ж. Пиаже, Л.С. Выготский). Бұл теория бойынша оқушы білімді дайын күйінде қабылдамайды, оны өзі белсенді іс-әрекет арқылы құрастырады. GeoGebra немесе Desmos сияқты цифрлық құралдар оқушыға математикалық объектілермен тікелей жұмыс істеуге, эксперимент жүргізуге және өз қорытындысын шығаруға мүмкіндік беру арқылы осы теорияны іс жүзінде жүзеге асырады.

Когнитивтік жүктеме теориясы (Дж. Свеллер). Оқушының жұмыс жады шектеулі болғандықтан, күрделі математикалық ұғымдарды меңгерту барысында артық когнитивтік жүктемені азайту қажет. Визуализация мен анимацияға негізделген цифрлық ресурстар дерексіз математикалық түсініктерді нақтылы бейнеде ұсынып, оқушының зейін-есін тиімді бөлуіне жағдай жасайды [2,б.4-7].

Мультимедиялық оқыту теориясы (Р. Майер). Майердің зерттеулері бойынша адам бір уақытта визуалды және вербалды ақпаратты бір мезгілде қабылдаған кезде оқу нәтижесі айтарлықтай жоғарылайды. Математика сабағында анимация мен дикторлық түсіндірмені үйлестіру – мультимедиялық принциптің тікелей қолданысы [3,б.4].

Тұлғаға бағытталған оқыту (К. Роджерс, И.С. Якиманская). Цифрлық платформалар әрбір оқушының жеке қарқынына, деңгейіне және мүмкіндігіне қарай оқу жолын бейімдей алады. Khan Academy платформасындағы адаптивті тапсырмалар жүйесі осының айқын мысалы болып табылады.

3. Шетелдік және отандық зерттеулердің шолуы

Цифрлық технологиялардың математика оқытуға тигізетін әсері туралы зерттеулер өте мол. АҚШ-тық зерттеуші Дж. Хэтти өзінің «Visible Learning» еңбегінде технологияны оқытуға енгізудің орташа тиімділік көрсеткіші (effect size) 0,57 екенін анықтаған, бұл стандартты оқытумен салыстырғанда елеулі жоғарылауды білдіреді.

Еуропалық зерттеулер де осыған үндес нәтижелер береді. Мысалы, GeoGebra бағдарламасын пайдаланған Еуропа мектептерінде геометрия бөлімін меңгеру деңгейі орта есеппен 23%-ға артқаны тіркелген. Интерактивті технологиялар оқушылардың математикаға деген оң көзқарасын да нығайтады – оқушылардың пәнге деген қызығушылығы айтарлықтай өскені байқалған [4,б.2].

Қазақстандық зерттеушілер де бұл бағытта белсенді жұмыс жүргізуде. Е.Ы. Бидайбеков, Г.Б. Камалова, Қ.М. Беркімбаев сияқты ғалымдардың еңбектерінде отандық мектептерде цифрлық технологияларды пайдаланудың педагогикалық шарттары, мұғалімдерді даярлаудың ерекшеліктері зерделенген. «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасы (2018–2022) аясында мектептерді жылдамдығы жоғары интернетпен қамтамасыз ету, интерактивті оқу кешендерін енгізу жөнінде нақты қадамдар жасалды[5,б.3-4].

4. Цифрлық ресурстарды пайдаланудың педагогикалық шарттары

Теориялық талдау көрсеткендей, цифрлық ресурстарды математика сабағында тиімді пайдалану үшін бірқатар педагогикалық шарттар сақталуы тиіс:

• Мақсатқа сәйкестік: цифрлық құрал сабақтың нақты мақсаты мен мазмұнына сай таңдалуы керек;

• Дидактикалық негіздемелік: технология дәстүрлі оқытуды алмастырмай, оны толықтырып, байытуы тиіс;

• Оқушы белсенділігі: оқушы технологияны пассивті тамашалаушы емес, белсенді пайдаланушы ретінде қатысуы қажет;

• Мұғалімнің медиатор рөлі: мұғалім процесті бағыттап, оқушының цифрлық ортадағы іс-әрекетіне педагогикалық қолдау көрсетуі шарт;

• Бағалау жүйесімен үйлесімділік: цифрлық тапсырмалардың нәтижелері оқу жетістіктерін бағалауға интеграцияланғаны жөн.

Мектептерде математиканы оқыту процесінде қолданылатын негізгі компьютерлік бағдарламалардың бірі – GeoGebra [6]. Бұл бағдарламалық құрал абстрактілі геометриялық объектілерді тез, дәл және тиімді түрде визуализациялауға мүмкіндік береді. GeoGebra-да оқушы кез келген нүктені, түзуді немесе параметрді жылжыта отырып, нәтиженің нақты уақытта қалай өзгеретінін көре алады. Бұл қасиет математикалық заңдылықтарды «оқып білу» деңгейінен «байқап, тәжірибе жасау» деңгейіне көтеріп, конструктивистік оқыту философиясын іс жүзінде жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

GeoGebra математиканың әртүрлі бөлімдерінде ерекше функционалдық мүмкіндіктер ұсынады. Геометрияда оқушылар нүктелер, түзулер, шеңберлер, полигондар тұрғызып, олардың қасиеттерін зерттей алады. Теоремаларды дәлелдеу барысында оқушы сызбаның элементтерін өзгертіп, геометриялық

қатынастардың тұрақтылығын көріп, теореманың жалпылама сипатын өзіндік тәжірибе арқылы меңгереді. Алгебра бөлімінде функцияларды графиктік және аналитикалық түрде бейнелеп, параметрлерді слайдер арқылы өзгертуге болады. Бұл оқушыға формуладағы коэффициенттердің геометриялық мағынасын нақты байқауға мүмкіндік береді.

Сабақта GeoGebra-ны қолданудың бірнеше форматы бар. Біріншісі – мұғалімнің демонстрациялық режимі, мұнда мұғалім интерактивті тақта немесе проектор арқылы бағдарламамен жұмыс жасап, оқушылар бірлесе зерттеу жүргізеді. Екіншісі – оқушылардың өзіндік жұмысы, мұнда әр оқушы компьютер немесе планшет арқылы мұғалімнің дайындаған тапсырмасын орындайды. Үшіншісі – GeoGebra-ның «Classroom» функциясы, бұл мүмкіндік арқылы мұғалім сабақты онлайн ұйымдастырып, оқушылардың жұмысын нақты уақытта бақылай алады. Осы формат оқушылардың прогресін сабақ барысында бірден бағалауға мүмкіндік береді.

Geogebra бағдарламасының тиімділігін байқау үшін мысал қарастырайық:

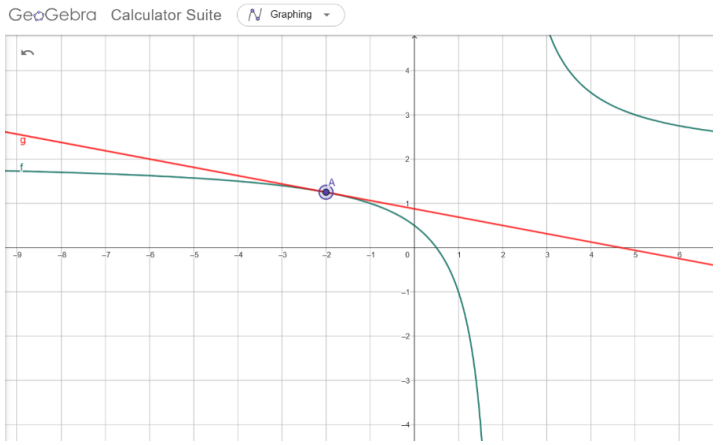
10-сынып Абылкасымова А.Е. «Алгебра және анализ бастамалары» кітабындағы [34] «Туынды» тарауындағы «Функцияның графигіне жүргізілген жанаманың теңдеуі» тақырыбынан бір есепке Geogebra бағдарламасын пайдаланайық. 1-есеп: Абциссасы $x = x_0$ болатын нүктеде $y = f(x)$ функциясының графигіне жүргізілген жанаманың теңдеуін жазыңдар:

$$f(x) = \frac{2x-1}{x-2}, \qquad x_0 = -2$$

Үйреншікті алгоритм бойынша есептің жауабы, абциссасы $x_0 = -2$ болатын нүктеде $f(x) = \frac{2x-1}{x-2}$ функциясының графигіне жүргізілген жанаманың теңдеуі $y = 0{,}875 - 0{,}1875x$ болатынын білеміз.

Жауаптың дұрыстығын тексеру үшін және жанаманың теңдеуінің түпкі мағынасын визуалды түсіну үшін Geogebra бағдарламасын пайдаланайық:

Geogebra бағдарламасын ашып, есебімізді тексеру үшін График(Graphing) бөлімін таңдаймыз. Жасыл түсті f функциясының $x_0 = -2$-ге тиісті А нүктесіндегі жанаманың теңдеуі қызыл түсті g функция екенін көреміз. Мұндағы, $f = \frac{2x-1}{x-2}$ және $g = 0{,}875 - 0{,}1875x$. Яғни, есебіміздің шешімінің дұрыстығын осылай тексердік. (Сурет 1)



Сурет 1 – Geogebra бағдарламасындағы функция графигі

Математика сабағында цифрлық ресурстарды қолдану оқушылардың білім алудағы белсенділігін, логикалық ойлауын және проблемаларды шешу дағдыларын арттыруға мүмкіндік береді. GeoGebra, онлайн платформалар және геймификация құралдары арқылы оқушылар математикалық ұғымдарды тек қабылдаушы емес, өздері зерттеуші ретінде меңгереді. Қорыта айтқанда, заманауи мектепте цифрлық ресурстарды қолдану тек оқыту әдістерін әртараптандырумен шектелмей, оқушылардың ақпаратты өңдеу және шығармашылық тұрғыдан ойлау қабілеттерін дамытудағы негізгі құралға айналады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Тәукебаева Г.О., & Бакырова Е.А. Мектептегі математика сабақтарында цифрлық технологияларды қолданудың әсері. Eurasian Science Review, 2024.

2 Mayer R.E. Multimedia Learning. – Cambridge University Press, 2021. – 395 p.[ағылшын тілінде].

3 Тәукебаева Г.О., Тәукебай Ш.О., & Оразбек Л. Математика оқытуда цифрлық технологияларды қолдану жөніндегі зерттеулердің шолуы. Eurasian Science Review, 2026.

4 Clark R.C., Nguyen F., & Sweller J. Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load. – San Francisco: Pfeiffer, 2020. – 352 p.[ағылшын тілінде].

5 Оразалиева Л.Т., & Мекебаев Н.О. Математика білімін цифрландыру: мектептердегі онлайн платформалар мен құралдарға негізделген оқыту әдістері. European Research Materials, 2025.

6 GeoGebra (2024). Dynamic mathematics software: GeoGebra [Электрондық ресурс]. – URL: https://www.geogebra.org

МАТЕМАТИКА САБАҒЫНДА СТОРИТЕЛЛИНГ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ

КОЖАГЕЛЬДИНОВА Г. Н.
математика мұғалімі, «Жас Дарын» мамандандырылған мектеп-лицейі, Павлодар қ.
АДАМОВ И. Б.
математика мұғалімі, «Жас Дарын» мамандандырылған мектеп-лицейі, Павлодар қ.

Баяндамада сторителлинг туралы түсінік беріліп, оны математика пәні сабағында қолдану әдістері сипатталады. Әдіс арқылы оқушылардың пәнге деген ынтасын арттыру, зерттеуіздену дағдыларын қалыптастыруға болады, біртіндеп жоғары сыныптарда кездесетін контекстік есептер шығаруға дайындық ретінде қолданылатыны жайлы баяндалады. Білім беру үрдісінде әдісті қолданудың артықшылықтары баяндалады.

Сторителлинг деген не? Сторителлинг-бұл оқиғалар арқылы идеяларды жеткізу өнері. Бұл тәсіл адамзат тарихында маңызды рөл атқарып келеді, себебі әңгімелер есте сақталуы, эмоциялар тудыруы арқылы оқушыларды жұмыс істеуге итермелейді. Стандартты есептерде тек логика жұмыс істесе, стрителлингте эмоция оянады.

Бұл - оқушының қиялын дамыта отырып, оқиғаның элементтері мен бейнесін ашу үшін сөздер мен әрекеттерді қолданудың интерактивті өнері. Әңгіме арқылы өз ойын әдемі, сауатты, жеңіл, нанымды жеткізуді, іс-әрекетке шабыттандыруды, адамдарды ойландыруды, эмоцияны оятуды үйретеді. Халықаралық зерттеулер математиканы контекст есептер түрінде қолдануды талап етеді, ал сторителлинг -осы контексті түрінде берудің бір құралы.

Сторителлинг яғни «storytelling» ағылшын тілінен аударғанда «хикаялату» деген мағына береді. Заманауи тілмен айтқанда

«сторителлинг» деп оқиға арқылы ақпаратты жеткізе білу әдісін айтамыз. 1992 жылы «Armstrong International» американдық компаниясының жетекшісі Дэвид Армстронг өзінің «Жанжақтан оқиғаларды жинай отырып қалайша басқаруға болады» кітабында осы терминді алғаш рет қолданды. Дэвид Армстронг сторителлингті компанияның жұмысын жақсартатын әрі жаңадан келген қызметкерлерді оқытып-тоқытуға көмектесетін құрал деп қарастырды. [1, 25 б.]

«Математиканы оқытуда сторителлинг әдісін қолданудың ғылыми негіздері шетелдік зерттеулерде кеңінен қарастырылған. Мәселен, Христофорос Лемонидис өзінің «Математикадағы сторителлинг» кітабында бұл әдістің академиялық жетістікке әсерін дәлелдесе, [2, 13 б.] Springer шолуларында сторителлингтің математикалық үрейді төмендетудегі рөлі айтылады. [3, 5 б.]. Сонымен қатар, MDPI зерттеулері цифрлық технологиялар мен жасанды интеллектіні қолдану арқылы математикалық ұғымдарды визуалды хикаяға айналдырудың маңыздылығын көрсетеді.» [4]

Я.И.Перельманның «Қызықты математика», «Жанды математика» кітаптарындағы тапсырмалар-жай есептер емес, бұл-математикалық әңгімелер арқылы оқыту үлгісі. [5, 7 б.]. Мысал ретінде «Атасы мен немересі» атты әңгімесінде қазіргі кезде математикалық сауаттылықтан кездестіріп жүрген есебіміздің бір мысалы ретінде тануға болады. Я.И. Перельманның «Жанды математика» кітабындағы «Ата мен немере» есебі -1932 жылы болған жасқа байланысты қызықты логикалық тапсырма. Онда немеренің жасы оның туған жылының соңғы екі цифрына тең, дәл осындай шарт атаға да қатысты, ал олардың жас айырмашылығы 50 жылды құрайтыны және осы жастарды табу туралы айтылған. [6, 7 б.]

Оқиғалар арқылы аудиторияның қызығушылығын оятып, рухын көтеріп, жылатып, күлдіріп, ең бастысы ақпаратты миларына құю жеңілірек. Кез келген адам көп білетін емес, көпті көргеннің таң қалдырарлық оқиғасын тыңдағысы келеді. Сабақ оқығысы келмейтін балаға сторителлинг әдісін қолданғаны жақсы. Алған білімінің арқасында өмірде бағы жанған кейіпкер , яғни кино актері, әнші, спортшы туралы әсерлі әңгіме айтуына болады. Белгілі бір ережені жаттату, формуланы түсіндіру үшін соларды ойлап тапқан ғалымдардың өмірімен таныстырсақ тиімдірек екеніне көз жеткіздік. Өйткені кез келген ғылыми жаңалықтың пайда болуының оқиғасы бары анық.

Сторителлингтің түрлері: эпизодтық, визуалдық сторителлинг. Эпизодтық сторителлингті күрделі тақырыптарға қолдансақ, оқушылар келесі сабақта жалғасын асыға күтуіне септігін тигізеді. Визуалды сторителлингте сызбалар мен проекцияларды детектив түрінде беру. Және ең тиімдісі оқушыға өз хикаларын жаздырту. Зенисович Ж өзінің кәсіби нұсқаулығында сторителлингтің балалардың когнитивтік дағдыларын дамытудағы рөлін көрсетеді. Автордың сөзінше, «хикаялау-бұл жай ғана иллюстрация емес, бұл -математикалық тілмен берілген өмірлік тәжірибе.» [7, 13 б.]

Математиканы сторителлинг арқылы оқыту — абстрактілі ұғымдарды өмірлік оқиғалармен байланыстырып, оқушының қызығушылығын арттыру тәсілі. Бұл әдіс әсіресе кіші және орта буында өте тиімді, бірақ жоғары сыныпта да күрделі тақырыптарды жеңілдетуге көмектеседі. Әдісті 5-6 сыныптарда кіргізу арқылы оқушылардың пәнге деген қызығушылығын ояту, біртіндеп жоғары сыныптарда кездесетін контекстік есептер шығаруға дайындық ретінде қолданылады.

Неліктен сторителлинг тиімді?

– Эмоция арқылы есте сақтау күшейеді;

– Абстрактілі ұғым нақты жағдаймен байланысады;

– Мотивация артады;

– Логикалық ойлау және тіл дамыту қатар жүреді.

Қолдану құрылымы:

1) Кейіпкер енгізу (жас ерекшелікке сай);

2) Мәселе туындату;

3) Оқушылардың өздеріне есеп құрастырту;

4) Математикалық кедергі;

5) Шешім іздеу (формула/ереже);

6) Қорытынды және рефлексия жасау.

Қазіргі таңда біздің алдымызда отырған мектеп оқушылары альфа ұрпағына жатады, олар туғаннан цифрлық технологияны қолданатын, ойлауы жылдам дамыған, ақпаратты тез қабылдайтын өскелең буын. Олар мәтіннен гөрі бейне ақпаратты жақсы түсінеді. Сондықтан бізге сторителлинг арқылы берілген мәтіндік тапсырмаларды визуалмен беруіміз керек. Альфа ұрпағы көрнекі, көңіл көтеретін форматты жақсы көреді. Мысалы, бір бетті мәтін емес – бір минуттық видео. Олардың миы визуалға бағынған. Сондықтан қазіргі ұрпаққа сабақ беретін біз де визуалға бейімделуіміз керек.

Алдымызда отырған оқушыларға қысқа видеолардың мазмұнын сторителлинг әдісімен беру арқылы оқушылардың ынтасын арттыру, білім сапасын көтеру, өмірдегі кездесетін жағдаяттармен танысып, шешім табу, сонымен қатар сыни тұрғыдан ойлауын да дамытады.

Тарихи сторителлингке мысал ретінде Пифагор туралы аңыз арқылы Пифагор теоремасын түсіндіруді немесе Әбу Насыр әл-Фараби еңбектерін байланыстырып, логика тақырыбын ашуды айтуға болады.

Мысал: Ертеде бір ғалым-саяхатшы Арман ата ауыл маңындағы тауларда жасырылған қазына туралы карта айтады. Бірақ картада жай ғана жол емес, пайыз есептерімен шифрланған тапсырмалар бар екен.

Арман ата былай деп жазып кетіпті: /хат оқу/ *«Қазынаны тек математикаға зерек, пайыздарды жақсы білетіндер ғана таба алады. Әр дұрыс жауап сендерді келесі бекетке апарады».*

Бүгін сіздер зерттеушілер тобысыздар. Егер барлық тапсырманы шешсеңіздер, соңында қазына сандығын ашасыздар.

1-бекет: «Ескі карта» (Санның пайызын табу)

Картада былай жазылған: «Жолға 2400 теңге қажет. Оның 25%-ы тамаққа жұмсалады.» Тамаққа қанша теңге жұмсалады?

Шешуі: 2400×0, 25=600 . 600 теңге бұл келесі бекеттің коды.

2-бекет: «Орман дүкені» (PISA формат)

Достар ормандағы шағын дүкенге кірді. Онда мынадай жарнама тұр:

«Барлық шамдарға 20% жеңілдік!». Шамның бастапқы бағасы 1500 теңге. Жеңілдіктен кейін шам қанша тұрады?

Шешуі: 20% = 0.20; 1500×0.20=300. Жаңа баға: 1500−300=1200

Жауабы: 1200 теңге

3-бекет: «Тау асуы» (PISA өмірлік есеп): Экспедиция 10 км жол жүруі керек. Олар жолдың 40%-ын жүріп өтті. Қанша километр жүрілді?

Шешуі: 10×0,40=4. Жауабы: 4 км

4-бекет: «Құпия код» (Пайызы бойынша санды табу): Есікте жазу бар: «Қазына коды – бір сан. Оның 20%-ы 14-ке тең». Сол санды табыңдар.

Шешуі: 0,20x=14 , x=14/0,20 x=70

6-сыныптағы «Кеңістіктегі фигуралар. Вектор ұғымы» тақырыбын «Ғарыш экспедициясы: Вектор құпиясы» деп алдық. Сабақ басында оқу мақсатымен былайша таныстырамыз: «Сіздер

жас ғарыш зерттеушілерісіздер. Сіздердің миссияларыңыз-жоғалған спутникті табу. Бірақ ғарышта бағытты табу үшін тек бір нәрсе керек... Ол-векторды дұрыс қолдану!». 1-кезең: Бағытты анықта. Мақсаты: Векторды табу. Ғарыш кемесі 3 бірлік оңға, 4 бірлік жоғары жылжыды. Координаталық жазықтықта кескіндеп, векторды анықта. Жоғалған спутнигіміздің координатасы (2;1). Кеменің тұрған орны (5;5). Кемеден спутникке дейінгі векторды сал. Ары қарай бірнеше тапсырмаларды беріп, барлық тапсырмаларды дұрыс орындаса, спутник құтқарылады. Тапсырмаларды QR кодпен немесе интерактивті тақта арқылы беріледі.

Сабақ форматтарын әртүрлі түрде ойластыруға болады. Мысалы, «Құпия сандық», «Ғарыштық миссия», «Детективтік есептер», «Квест ойындар», «математикалық ас үй» , «Бизнес ойын» тағы сол сияқты оқушыларды қызықтыратын тақырыптарды ойластыруға болады. Сабақтың қолайлы кезеңін таңдап, осындай практикалық тапсырмаларды орындату, оқиғаны визуалмен сүйемелдеу, рөлдік ойындарды қолдану сабақтың сапасын арттыратынына кәміл сенемін.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Армстронг Д. Оқиғалар арқылы басқару: Көшбасшылықтың жаңа әдісі, Нью-Иорк, 1992.-272б

2 Лемонидис Х. Математикадағы сторителлинг. АҚШ, 2020.-156б.

3 Широ М. С. Ауызша сторителлинг және математиканы оқыту.- Дордрехт: Springer Science, Business Media, 2004. – 240 б.

4 Грей.П, Льюис М. және басқалары . Математикалық білім берудегі цифрлық сторителлинг, 14-том, 2-шығарылым: MDPI, Швейцария, 2024.-22б

5 Перельман, Я. И. «Қызықты математика»: Екатеринбург,1994-160с

6 Перельман Я.И «Жанды математика» : 2024.-96с.

7 Зенисович Ж. Математика сабағындағы сторителлинг: Кәсіби даму бойынша нұсқаулық, – Educational Insights, 2015. – 120 б.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ СИММЕТРИЙ ФИГУРЫ ТЕТРАЭДРА. ЧАСТЬ 1.

МЕЛЬНИКОВА А. И.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ПАВЛЮК И. И.
кандидат физ-мат наук, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Работа посвящена группе G_{12}, которая является группой симметрий тетраэдра, а также алгебраическим свойствам тетраэдра. Наша цель - через симметрии этой фигуры охарактеризовать теоритико-алгебраические свойства, которые выразятся через абстрактный алгебраический объект - тетраэдр.

Ключевые слова: Группа, симметрии, тетраэдр, таблица Кели, подгруппа, теория групп, сопряженность, коммутаторирование, единственность, эквивалентность.

Введем базовые определения и свойства для группы.

Определение 1 Группой называется непустое множество G с одной основной бинарной операцией «$\cdot$» и унарная алгебраическая операция «$^{-1}$». Бинарная операция удовлетворяет следующим (аксиомам) условиям:

1 $(\forall a,b,c \in G)((a\cdot b)\cdot c = a\cdot(b\cdot c))$ – ассоциативность операции «$\cdot$»

2 $(\forall a \in G)(\exists e \in G)(a\cdot e = e\cdot a = a)$ – наличие нейтрального элемента (левого, правого)

3 $(\forall a \in G)(\exists a^{-1} \in G)(a\cdot a^{-1} = a^{-1}\cdot a = e)$ – наличие обратного (симметричного) элемента (правого, левого) элемента a в G.

Свойство 1 G Элементы группы обладают правым нейтральным элементом, если для группы G верна формула

$$(\forall a,b \in G)(\exists x \in R(ax=b))((ax=a)\Rightarrow(bx=b))$$

Доказательство. Для начала рассмотрим произведение bx где b – произвольный элемент группы G, а a $x \in R(ax=a) \subseteq G$ Аксиомой 2 обеспечен существование такого x. Тогда $bx = (ya)x = y(ax) = ya = b$ Отсюда следует, что $bx = b$. Свойство доказано.

Свойство 2 Элементы группы G обладают левым нейтральным элементом, если в группе G верна формула:

$$(\forall a,b \in G)(\exists y \in R(ya=b))((ya=a)\Rightarrow(yb=b)))$$

Доказательство. Давайте рассмотрим произведение yb. Так как $y \in R(ya=b) \subseteq G$, при b=a, то можем сказать что $yb \in G$ и

$yb = y(ax) = (ya)x = ax = b$. Таким образом, $yb = b$. Свойство доказано.

Свойство 3 Для группы G существует единственный нейтральный элемент.

Доказательство. Для начала докажем, что $x = y$ (см. Свойства 1 и 2). Действительно, очевидно $yx \in G$ и $yx = x$, поскольку y – левый нейтральный элемент группы G. С другой стороны $yx = y$ поскольку x – правый нейтральный элемент группы G. Таким образом, $x = y$=e.

$(\forall g \in G)(\exists e \in G)(eg = ge = g)$,

Далее, устанавливаем единственность в группе G нейтрального элемента $e \in G$. Предположим, что $(\forall g \in G)(\exists e_1 \in G)(e_1 g = ge_1 = g)$ и $(\forall g \in G)(\exists e_2 \in G)(e_2 g = ge_2 = g)$, причём $e_1 \neq e_2$. Из равенств $e_1 e_2 = e_2 = e_1 e_2 = e_1$ следует, что $e_1 = e_2$. Противоречие. Отсюда следует, что e – единственный нейтральный элемент. Свойство доказано.

Свойство 4 Для каждого элемента в группе G существует единственный обратный (симметричный) элемент.

Доказательство. Пусть $a \in G$. Очевидно, что уравнения $ax = e$ $ya = e$ разрешимы в группе G. Пусть $a_1^{-1} \in R(ax = e)$, $a_2^{-1} \in R(ya = e)$ – является решениями соответствующих уравнений, т. е. $aa_1^{-1} = e = a_2^{-1}a$ Теперь докажем, что $a_1^{-1} = a_2^{-1}$. Предположим $a_1^{-1} \neq a_2^{-1}$. Рассмотрим элемент $a_2^{-1}aa_1^{-1} = a_2^{-1}(a_1 a_1^{-1}) = a_2^{-1}e = a_2^{-1}$, $a_2^{-1}aa_1^{-1} = (a_2^{-1}a_1)a_1^{-1} = ea_1^{-1} = a_1^{-1}$. Отсюда следует, что $a_1^{-1} = a_2^{-1} = a^{-1}$ Противоречие. Таким образом

$(\forall a \in G)(\exists a^{-1} \in G)(aa^{-1} = a^{-1}a = e)$

Свойство доказано.

Свойство 5 Единственное решение для каждого уравнения (сравнения) $ax = b$, $ya = b$ в группе G.

Доказательство. Элемент $a^{-1}b \in G$ является решением уравнения $ax = b$, так как при подстановке его в уравнение $ax = b$ вместо переменной x получим $a(a^{-1}b) = (aa^{-1})b = eb = b$ (т. е. $b = b$). (т. е. $ac = b$). С другой стороны предположим, что элемент $c \in R(ax = b)$ т.е. $ac = b$, тогда $c = ec = (a^{-1}a)c = a^{-1}(ac) = a^{-1}b$ (формула(5)). Отсюда, $c = a^{-1}b$, т. е. других решений уравнения $ax = b$ (кроме $a^{-1}b$) в группе G нет. Аналогично, что элемент ba^{-1} является единственным решением уравнения $ya = b$. Свойство доказано.

Свойство 6 Закон сокращения элементов группы. Следующая формула верна для элементов группы G.

$(\forall a, b, c \in G)((a \cdot c = b \cdot c) \vee (c \cdot a = b \cdot c)) \Leftrightarrow (a = b)$,

где «V» – знак дизъюнкции («или»).

Доказательство. Необходимость. Пусть $ac = bc$ – верное равенство в G. Далее рассмотрим решение $R(yc = bc)$ уравнения $yc = bc$ на элементах группы G относительно переменной $y \in G$ Очевидно, что $b, a \in R(yc = bc)$. Так как $R(yc = bc)$ единственно в G (Свойство 5), то $a = b$. Если же $ca = cb$, то изучив уравнение $cx = cb$, получим, что $a, b \in R(cx = cb)$. В силу свойства 5, $a = b$.

Достаточность. Из равенства $ac = ac$, очевидно, следует равенство $ac = bc$, так как $a = b$. Аналогично из равенства $ca = ca$ следует, что $ca = cb$. Свойство доказано [1, с. 11].

Теорема 1 (Критерий подгруппы). Подмножество $H \subseteq G$ группы G тогда и только тогда является подгруппой G($H \leq G$), когда имеют место следующие формулы:

1) $(\forall a, b \in H)(ab \in H)$;

2) $(\forall a \in H)(a^{-1} \in H)$.

Доказательство: Необходимость. Пусть H – подгруппа. Тогда, очевидно, формулы 1, 2 истинны в H и, следовательно, в G. Достаточность. Пусть теперь в G имеют место формулы 1, 2. Формула (1) обеспечивает алгебраическую операцию на элементах H, которая индуцирована операцией, заданной на элементах группы G. Она ассоциативна как/ в G, так и на элементах множества $H \subseteq G$ Рассмотрим уравнения $ax=b$ и $ya=b$, где $a,b \in H$. Так как в G имеет место закон сокращения, то $a^{-1}(ax)=a^{-1}b=x$, $(ya)a^{-1}=ba^{-1}=y$ Поскольку $a^{-1}b \in H$ (2), то $a^{-1}b$, $ba^{-1} \in H$. Таким образом, уравнения $ax=b$, $ya=b$ разрешимы в H. Отсюда следует, что H – группа, а поскольку $H \subseteq G$, то $H \leq G$ и H, – подгруппа G. Теорема доказана.

Теорема 2 Группа G единственна своими элементами, как аксиоматическая система с точностью до изоморфизма.

Доказательство. Единственность нейтрального элемента группы G установлена свойством 3, а единственность обратного элемента a^{-1} для элемента $a \in G$ установлено в свойстве 4. Рассмотрим произвольный элемент $z \in G$. Так как (z^{-1}) элемент единственный в группе (Свойство 4), тогда $(z^{-1})^{-1}$ также единственный элемент группы G. Но $(z^{-1})^{-1} = z$, поскольку обратный элемент к единственному элементу является единственным элементом группы G, то элемент является единственным в группе. Таким образом, в группе

G (определение 1) каждый элемент уникальный и не совпадает ни с одним элементом этой группы. Также структура подгрупп (Теорема 1) группы обладает свойством уникальности своих подгрупп, поскольку они как подгруппы обладают единственными элементами, подчиняющихся аксиомам группы. Изоморфные объекты группы G могут отличаться алфавитом обозначения группы и её элементов, но этот алфавит подчиняется аксиоматике группы (определение 1) и этим обозначение становится уникальным как аксиоматическая система группы. Таким образом множества G, G^1 уникальны в отдельности, но изоморфизм $G \cong G^1$ как аксиоматическая система подгруппы объединяет их в единый объект и делает этот объект уникальным в своём роде. Теорема доказана.

Тетраэдр имеет 4 грани, 6 ребер и 4 вершины. Это единственный правильный многогранник не имеющий центра симметрии. Повороты, переводящие тетраэдр в себя это, прежде всего, вращения на углы, кратные 2π/3 вокруг 4 осей, проходящих через вершину и центр противоположной грани. Кроме того тетраэдр само совмещается при поворотах на угол 180 вокруг осей, соединяющих середины противоположных ребер. Таким образом группа тетраэдра содержит 12 элементов [2, с. 13]. (Смотрите рис.1)

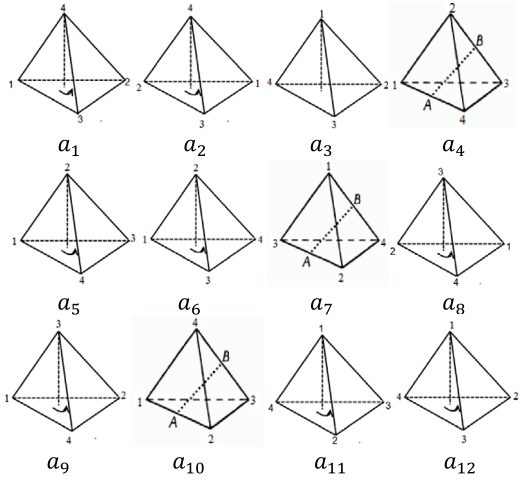


Рисунок 1 – элементы группы тетраэдра

$$a_1 = \begin{pmatrix}1234\\1234\end{pmatrix} \quad a_5 = \begin{pmatrix}1234\\4213\end{pmatrix} \quad a_9 = \begin{pmatrix}1234\\2431\end{pmatrix}$$
$$a_2 = \begin{pmatrix}1234\\2314\end{pmatrix} \quad a_6 = \begin{pmatrix}1234\\3241\end{pmatrix} \quad a_{10} = \begin{pmatrix}1234\\4321\end{pmatrix}$$
$$a_3 = \begin{pmatrix}1234\\3124\end{pmatrix} \quad a_7 = \begin{pmatrix}1234\\4132\end{pmatrix} \quad a_{11} = \begin{pmatrix}1234\\1342\end{pmatrix}$$
$$a_4 = \begin{pmatrix}1234\\2143\end{pmatrix} \quad a_8 = \begin{pmatrix}1234\\3412\end{pmatrix} \quad a_{12} = \begin{pmatrix}1234\\1423\end{pmatrix}$$

Составим таблицу Келли.

Выполняем бинарную операцию умножения.

На основе подобных вычислений получаем данные для построения таблицы Келли.

Таблица 1 – Таблица Келли (умножение подстановок).

x^{-1}		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	|x|
a_1	a_1	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	1
a_3	a_2	a_2	a_3	a_1	a_{12}	a_4	a_9	a_{11}	a_7	a_{10}	a_6	a_8	a_5	3
a_2	a_3	a_3	a_1	a_2	a_5	a_{12}	a_{10}	a_8	a_{11}	a_6	a_9	a_7	a_4	3
a_4	a_4	a_4	a_6	a_{11}	a_1	a_9	a_2	a_{12}	a_{10}	a_5	a_8	a_3	a_7	2
a_6	a_5	a_5	a_{10}	a_7	a_3	a_6	a_1	a_4	a_9	a_{12}	a_{11}	a_2	a_8	3
a_5	a_6	a_6	a_{11}	a_4	a_7	a_1	a_5	a_3	a_{12}	a_8	a_2	a_{10}	a_9	3
a_9	a_7	a_7	a_5	a_{10}	a_6	a_8	a_{11}	a_9	a_2	a_1	a_{12}	a_4	a_3	3
a_8	a_8	a_8	a_{12}	a_9	a_{10}	a_{11}	a_7	a_6	a_1	a_3	a_4	a_5	a_2	2
a_7	a_9	a_9	a_8	a_{12}	a_{11}	a_2	a_4	a_1	a_5	a_7	a_3	a_6	a_{10}	3
a_{10}	a_{10}	a_{10}	a_7	a_5	a_7	a_3	a_{12}	a_2	a_4	a_{11}	a_1	a_9	a_6	2
a_{12}	a_{11}	a_{11}	a_4	a_6	a_9	a_7	a_8	a_{10}	a_3	a_2	a_5	a_{12}	a_1	3
a_{11}	a_{12}	a_{12}	a_9	a_8	a_2	a_{10}	a_3	a_5	a_6	a_4	a_7	a_1	a_{11}	3

Докажем, что G_{12} является группой.

Замкнутость: композиция любых двух перестановок из множества G снова является перестановкой множества {1,2,3,4}.

Например:

$$a_2 \cdot a_3 = \begin{pmatrix}1234\\2314\end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix}1234\\3124\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}1234\\1234\end{pmatrix} = a_1$$

Результат снова принадлежит множеству G. Следовательно, операция замкнута.

Ассоциативность: композиция перестановок является ассоциативной операцией. Для любых перестановок a, b, c выполняется $(\forall a, b, c \in G)((a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c))$. Это свойство выполняется для всех перестановок множества. Следовательно, операция ассоциативна на множестве G.

Наличие единичного элемента: единичный элемент - это перестановка $a_1 = \binom{1234}{1234} = e$. Для любой перестановки a_i выполняется $e \cdot a_i = a_i;\ a_i \cdot e = a_i$. Следовательно, в множестве существует единичный элемент.

Наличие обратного элемента: для каждой перестановки существует обратная перестановка. Это свойство наглядно показано в первом столбце Таблицы 1

Следовательно, множество G образует группу.

ЛИТЕРАТУРА

1 Сулина Т.А. Линейная алгебра. 2 семестр. Выпуск 1. Учебно-методическое пособие -Санкт-Петербург 2021 г.- 11 -14с.

2 Каргаполов М.И., Мерзляков Ю.И. Основы теории групп. - М.: Наука, 1972. - 13 с.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ СИММЕТРИЙ ФИГУРЫ ТЕТРАЭДРА. ЧАСТЬ 2.

МЕЛЬНИКОВА А. И.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ПАВЛЮК И. И.
кандидат физ-мат наук, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Работа посвящена группе G_{12}, которая является группой симметрий тетраэдра, а также алгебраическим свойствам тетраэдра. Наша цель - через симметрии этой фигуры охарактеризовать теоритико-алгебраические свойства, которые выразятся через абстрактный алгебраический объект - тетраэдр.

Ключевые слова: Группа, симметрии, тетраэдр, таблица Кели, подгруппа, теория групп, сопряженность, коммутаторирование, единственность, эквивалентность.

Для перехода к элементам вводятся генераторы a и b.

Далее группу описывают через образующие: $G = \langle a, b \rangle$, с соотношениями: $a^3 = b^2 = e, (ab)^2 = e$

Далее получаем генетический код группы

$G = \{e, a, a^2, b, ab, ba, a^2b, ba^2, aba, bab, a^2ba, aba^2\}$

затем проводим соответствие между перестановками и новыми элементами.

Таблица 1 – соответствие элементов и перестановок.

a_i	Перестановка	Элемент по генетическому коду
a_1	$\binom{1234}{1234}$	e
a_2	$\binom{1234}{2314}$	a
a_3	$\binom{1234}{3124}$	a^2
a_4	$\binom{1234}{2143}$	b
a_5	$\binom{1234}{4213}$	ab
a_6	$\binom{1234}{3241}$	ba
a_7	$\binom{1234}{4132}$	a^2b
a_8	$\binom{1234}{3412}$	aba
a_9	$\binom{1234}{2431}$	ba^2
a_{10}	$\binom{1234}{4321}$	bab
a_{11}	$\binom{1234}{1342}$	a^2ba
a_{12}	$\binom{1234}{1423}$	aba^2

На основе генетического кода строим таблицу Келли элементов группы тетраэдра (таблица 2).

Таблица 2 – Таблица Келли элементов группы G_{12}

	e	a	bab	ab	ba	b	a^2ba	aba^2	a^2	aba	ba^2	a^2b
e	e	a	bab	ab	ba	b	a^2ba	aba^2	a^2	aba	ba^2	a^2b
a^2	a^2	e	aba^2	b	a^2ba	a^2b	aba	ba^2	a	ba	bab	ab
aba	aba	aba^2	e	a^2ba	b	ba^2	a^2	a^2b	ab	bab	ba	a
ba^2	ba^2	b	a^2ba	e	aba^2	aba	a^2b	a^2	ba	a	ab	bab
a^2b	a^2b	a^2ba	b	aba^2	e	a^2	ba^2	aba	bab	ab	a	ba
b	b	ba	ab	bab	a	e	aba^2	a^2ba	ba^2	a^2b	a^2	aba
a^2ba	a^2ba	bab	a	ba	ab	aba^2	e	b	a^2b	ba^2	aba	a^2
aba^2	aba^2	ab	ba	a	bab	a^2ba	b	e	aba	a^2	a^2b	ba^2
a	a	a^2	ba^2	a^2b	aba	ab	ba	bab	e	a^2ba	aba^2	b
bab	bab	a^2b	aba	a^2	ba^2	ba	ab	a	a^2ba	e	b	aba^2
ab	ab	aba	a^2b	ba^2	a^2	a	bab	ba	aba^2	b	e	a^2ba
ba	ba	ba^2	a^2	aba	bab	bab	a	ab	b	aba^2	bab	e

Используя таблицу 2 определяю порядки каждого из элементов группы тетраэдра, возводя их в степень.

$$|e| = 1 \qquad |aba^2| = 2 \qquad |a^2b| = 3 \qquad |ab| = 3$$
$$|a^2ba| = 2 \qquad |ba^2| = 3 \qquad |bab| = 3 \qquad |b| = 2$$
$$|a^2| = 3 \qquad |a| = 3 \qquad |aba| = 3 \qquad |ba| = 3$$

Далее определяем обратные элементы для каждого из элементов.

$(e)^{-1} = e$ $\quad (bab)^{-1} = aba$

$(a^2ba)^{-1} = a^2ba$ $\quad (aba)^{-1} = bab$

$(a^2)^{-1} = a$ $\quad (ab)^{-1} = ba^2$

$(aba^2)^{-1} = aba^2$ $\quad (b)^{-1} = b$

$(ba^2)^{-1} = ab$ $\quad (ba)^{-1} = a^2b$

$(a)^{-1} = a^2$

$(a^2b)^{-1} = ba$

Также определяем подгруппы группы тетраэдра, с помощью определения приведённого ниже

Определение 1.2 Пусть $H \in G$, тогда

1 $\forall n \in H \to h^{-1} \in H$

2 $\forall h_1\, h_2 \in H \to h_1 \cdot h_2 \in H$

Подгруппы группы тетраэдра.

$H_1 = (e, ab, ba^2)$ $\quad H_5 = (e, ab, ba^2)$

$H_2 = (e, a, a^2)$ $\quad H_6 = (e, a^2b, ba)$

$H_3 = (e, b)$ $\quad H_7 = (e, a^2ba)$

$H_4 = (e, bab, aba)$ $\quad H_8 = (e, aba^2)$

Для построения таблицы сопряжения группы тетраэдра будем пользоваться операцией $x^y = y^{-1} \cdot x \cdot y$. Также при вычислении используем таблицу Келли, генетический код и порядки элементов.

$\overset{c}{\equiv}$ – символ отношения сопряжения элементов группы

Таблица 3 – Таблица сопряжения элементов группы G_{12}

	e	a	ab	ba	bab	b	a^2ba	aba^2	a^2	aba	ba^2	a^2b
e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
a	a	a	bab	ab	ba	bab	ab	ba	a	ab	ba	bab
ab	ab	ba	ab	bab	a	ba	a	bab	bab	ba	ab	a
ba	ba	bab	a	ba	ab	ab	bab	a	ab	a	bab	ba
bab	bab	ab	ba	a	bab	a	ba	ab	ba	bab	a	ab
b	b	a^2ba	a^2ba	a^2ba	a^2ba	b	b	b	aba^2	aba^2	aba^2	aba^2
a^2ba	a^2ba	aba^2	aba^2	aba^2	aba^2	a^2ba	a^2ba	a^2ba	b	b	b	b
aba^2	aba^2	b	b	b	b	aba^2	aba^2	aba^2	a^2ba	a^2ba	a^2ba	a^2ba
a^2	a^2	a^2	aba	ba^2	a^2b	aba	ba^2	a^2b	a^2	ba^2	a^2b	aba
aba	aba	ba^2	a^2b	a^2	aba	a^2	a^2b	ba^2	a^2b	aba	a^2	ba^2
ba^2	ba^2	a^2b	ba^2	aba	a^2	a^2b	a^2	aba	aba	a^2b	ba^2	a^2
a^2b	a^2b	aba	a^2	a^2b	ba^2	ba^2	aba	a^2	ba^2	a^2	aba	a^2b

На основе таблицы 3, выделим классы сопряжения элементов группы тетраэдра.

$\overset{c}{\equiv} e = \{e\};$ $\quad \overset{c}{\equiv} a^2ba = \{b, a^2ba, aba^2\};$

$\overset{c}{\equiv} a = \{a, bab, ab, ba\};$ $\quad \overset{c}{\equiv} aba^2 = \{b, a^2ba, aba^2\};$

$\overset{c}{\equiv} ab = \{a, bab, ab, ba\};$ $\quad \overset{c}{\equiv} a^2 = \{a^2, a^2b, ba^2, aba\};$

$\overset{c}{\equiv} ba = \{a, bab, ab, ba\};$ $\quad \overset{c}{\equiv} aba = \{a^2, a^2b, ba^2, aba\};$

$\overset{c}{\equiv} bab = \{a, bab, ab, ba\};$ $\quad \overset{c}{\equiv} ba^2 = \{a^2, a^2b, ba^2, aba\};$

$\overset{c}{\equiv} b = \{b, a^2ba, aba^2\};$

Итого четыре различных классов сопряженных элементов группы G_{12}.

Далее выделим централизаторы группы G_{12}.

$C(e) = T_{12};$ $\quad C(a^2ba) = \{e, b, a^2ba, aba^2\}$

$C(a) = \{e, a, a^2\};$ $\quad C(aba^2) = \{e, b, a^2ba, aba^2\};$

$C(ab) = \{e, ab, ba^2\};$ $\quad C(a^2) = \{e, a, a^2\};$

$C(ba) = \{e, ba, a^2b\};$ $\quad C(ba^2) = \{e, ab, ba^2\};$

$C(bab) = \{e, bab, aba\};$ $\quad C(a^2b) = \{e, ba, a^2b\}$

$C(b) = \{e, b, a^2ba, aba^2\};$

В группе G_{12} четыре различных централизатора:

$C(a) = \{e, a, a^2\}, C(ab) = \{e, ab, ba^2\}, C(ba) = \{e, ba, a^2b\}, C(b) = \{e, b, a^2ba, aba^2\}$

Таблица 4 – Келли (модифицированная по классам сопряженных элементов)

	e	a	bab	ab	ba	b	a^2ba	aba^2	a^2	aba	ba^2	a^2b
e	e	a	bab	ab	ba	b	a^2ba	aba^2	a^2	aba	ba^2	a^2b
a^2	a^2	e	aba^2	b	a^2ba	a^2b	aba	ba^2	a	ba	bab	ab
aba	aba	aba^2	e	a^2ba	b	ba^2	a^2	a^2b	ab	bab	ba	a
ba^2	ba^2	b	a^2ba	e	aba^2	aba	a^2b	a^2	ba	a	ab	bab
a^2b	a^2b	a^2ba	b	aba^2	e	a^2	ba^2	aba	bab	ab	a	ba
b	b	ba	ab	bab	a	e	aba^2	a^2ba	ba^2	a^2b	a^2	aba
a^2ba	a^2ba	bab	a	ba	ab	aba^2	e	b	a^2b	ba^2	aba	a^2
aba^2	aba^2	ab	ba	a	bab	a^2ba	b	e	aba	a^2	a^2b	ba^2
a	a	a^2	ba^2	a^2b	aba	ab	ba	bab	e	a^2ba	aba^2	b
bab	bab	a^2b	aba	a^2	ba^2	ba	ab	a	a^2ba	e	b	aba^2
ab	ab	aba	a^2b	ba^2	a^2	a	bab	ba	aba^2	b	e	a^2ba
ba	ba	ba^2	a^2	aba	bab	bab	a	ab	b	aba^2	bab	e

Таблица коммутаторирования

Для построения таблицы коммутаторирования используем формулу $[x, y] = x^{-1}y^{-1}xy = x^{-1}x^{y}$. На основе вычислений по ранее приведенной формуле составляем таблицу коммутаторирования группы тетраэдра.

Таблица 5 – Таблица коммутаторирования G_{12}.

	e	a	ab	ba	bab	b	a^2ba	aba^2	a^2	aba	ba^2	a^2b
e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
a	e	e	aba^2	b	a^2ba	aba^2	b	a^2ba	e	b	a^2ba	aba^2
ab	e	aba^2	e	a^2ba	b	aba^2	b	a^2ba	a^2ba	aba^2	e	b
ba	e	b	a^2ba	e	aba^2	aba^2	b	a^2ba	aba^2	a^2ba	b	e
bab	e	a^2ba	b	aba^2	e	aba^2	b	a^2ba	b	e	aba^2	a^2ba
b	e	aba^2	aba^2	aba^2	aba^2	e	e	e	a^2ba	a^2ba	a^2ba	a^2ba
a^2ba	e	b	b	b	b	e	e	e	aba^2	aba^2	aba^2	aba^2
aba^2	e	a^2ba	a^2ba	a^2ba	a^2ba	e	e	e	b	b	b	b
a^2	e	e	a^2ba	aba^2	b	a^2ba	aba^2	b	e	aba^2	b	a^2ba
aba	e	b	aba^2	a^2ba	e	a^2ba	aba^2	b	aba^2	e	a^2ba	b
$ba2$	e	$a2ba$	e	b	$aba2$	$a2ba$	$aba2$	b	b	$a2ba$	e	$aba2$
$a2b$	e	$aba2$	b	e	$a2ba$	$a2ba$	$aba2$	b	$a2ba$	b	$aba2$	e

Определим коммутатор группы тетраэдра.

$[a, b] = a^{-1}d^{-1}ab$ -коммутатор. $[a, a] = a^{-1}a^{-1}aa = e$; $[bab, aba^2] = (bab)^{-1}(aba^2)^{-1}bab\ aba^2$; $aba \cdot a^2ba = bab \cdot aba^2 = a$; $[bab, a^2] = (bab)^{-1}(a^2)^{-1}\ bab \cdot a^2$; $aba \cdot a = aba^2, bab \cdot a^2 = a^2ba$; $aba^2 \cdot a^2ba = b$.

$G' = \{e, b, a^2ba, aba^2\}$-коммутант.

ЛИТЕРАТУРА

1 Каргаполов М. И., Мерзляков Ю. И. Основы теории групп. – М.: Наука, 1972. – 13 с.

2 Сулина Т. А. Линейная алгебра. 2 семестр. Выпуск 1. Учебно-методическое пособие -Санкт-Петербург 2021 г.– 11 –14с.

3 Куликов Л. Я. Алгебра и теория чисел: Учеб. пособие для педагогических институтов. – М.: Высш. школа, 1979. – 354 с.

Ауыл шаруашылығы және АӨК
Сельское хозяйство и АПК

Секция 7
Биотехнологиялар және ауыл шаруашылық өнімдерін қайта өңдеу
Биотехнологии и переработка сельскохозяйственной продукции

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF LARGE-SIZE MEAT PRODUCTS IN COMPLIANCE WITH HALAL STANDARDS BASED ON HORSE MEAT AND POULTRY MEAT

ABISHEVA ZH.
Toraighyrov University, Pavlodar
MUKHAMEJANOVA A.
senior lecturer, Toraighyrov University, Pavlodar

In the modern conditions of development of the food industry, particular importance is given to the production of meat products that comply with halal standards. This is driven not only by religious factors, but also by the increasing consumer demands for quality, safety, and nutritional value of food products [1, p. 3]. According to the Codex Alimentarius Commission guidelines for halal food, halal products must meet established requirements concerning raw materials, slaughtering procedures, processing, storage, and transportation [10, p. 7]. Within the Eurasian Economic Union, the safety of meat and meat products is regulated by Technical Regulation TR CU 034/2013 [1, p. 5].

Large-size meat products occupy an important place in the structure of meat production, as they are characterized by a minimal degree of raw material comminution, preservation of the natural morphological structure of muscle tissue, and high biological value. Such products are perceived by consumers as more natural and traditional, which increases their competitiveness in the market [7, p. 48]. At the same time, the production of large-size meat products imposes increased requirements on the quality of raw meat materials and technological solutions aimed at forming optimal structural-mechanical and organoleptic characteristic.

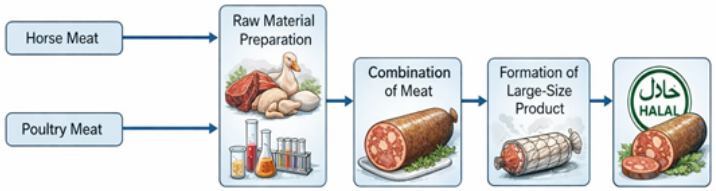


Figure 1 – Conceptual scheme of Halal large-size meat production technology based on hourse and poultry meat

According to halal standards, only strictly defined types of meat raw materials may be used in production, including lamb, horse meat, and poultry meat, provided that the rules of slaughter, processing, storage, and transportation are strictly observed [10, p. 5]. Special attention is paid to the exclusion of prohibited components and the prevention of cross-contamination. In this context, the choice of raw materials plays a key role in ensuring compliance of products with halal requirements and in forming their quality [1, p. 12].

One of the promising but relatively underutilized types of meat raw materials is horse meat. Horse meat is characterized by a high content of complete proteins, iron, phosphorus, B-group vitamins, and a low level of cholesterol, which allows it to be classified as a dietary type of meat [4, p. 835]. At the same time, horse meat has a dense, somewhat dry, and distinctly fibrous structure, which may limit its use in the production of large-size meat products without the application of additional technological methods. These features necessitate the search for solutions aimed at improving the texture and juiciness of finished products [5, p. 40].

An analysis of literature sources and consumer preferences shows that modern consumers prefer meat products with a soft texture, pronounced juiciness, and harmonious taste. Poultry meat occupies a leading position due to its technological and organoleptic characteristics [6, p. 20]. Therefore, the use of combined meat raw materials based on horse meat and poultry meat appears justified, as it allows compensating for certain disadvantages of horse meat while preserving its high nutritional value [6, p. 22].

Poultry meat, particularly turkey and duck meat, is characterized by high digestibility, favorable amino acid composition, and good technological properties. Turkey meat has a low fat content and a tender texture, making it a promising component for improving the structural-

mechanical properties of large-size meat products [9, p. 260]. Duck meat contains a higher amount of lipids, which contributes to increased juiciness and the formation of more pronounced flavor and aroma characteristics [9, p. 262]. The combination of these types of meat with horse meat makes it possible to create a product balanced in texture and taste [8, p. 1240].

Analysis of scientific publications and patent sources shows that main directions of innovative development include the use of combined meat raw materials, optimization of processing regimes, and development of new formulations considering functional and dietary requirements [7, p. 65]. The combination of different types of meat allows purposeful regulation of structural-mechanical and organoleptic properties without the use of prohibited additives, which is especially important for halal production [10, p. 10].

Based on the literature and analytical review, it can be concluded that the use of horse meat in combination with poultry meat is promising in the development of a new type of large-size meat product that meets halal standards. The selected combination of raw materials allows combining the high nutritional value of horse meat with the favorable technological properties of poultry meat, creating prerequisites for products with improved organoleptic and structural-mechanical characteristics [4, p. 838].

Further research is planned to conduct experimental studies aimed at investigating the technological properties of the selected raw materials, evaluating the structural-mechanical parameters and organoleptic characteristics of the finished products. The results will allow substantiating rational parameters of the production technology and expanding the range of large-size halal meat products [5, p. 42].

REFERENCES

1 Technical Regulation TR CU 034/2013 «On Safety of Meat and Meat Products». Moscow, 2013.

2 Patent RK No. 34567. Method for producing combined horse meat product. 2021.

3 ISO 22000:2018. Food safety management systems – Requirements. Geneva, 2018.

4 Bekhit A.E.-D.A., Hopkins D.L. Nutritional value of horse meat. Meat Science, 2013. Vol. 95(4). P. 833-842.

5 FAO. Poultry Meat Processing. Animal Production and Health Manual. Rome, 2010. P. 12–45.

6 Kim Y.H.B., Warner R.D., Rosenvold K. Influence of muscle fiber characteristics on meat quality. Meat Science, 2014. Vol. 97. P. 218-224. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.06.008

7 Lawrie R.A., Ledward D.A. Lawrie's Meat Science. Woodhead Publishing, 2014. P. 45–78.

8 Lorenzo J.M. et al. Horse meat as a source of functional nutrients. Meat Science, 2014. Vol. 96. P. 1238–1245.

9 Petracci M., Cavani C. Poultry meat quality. Poultry Science, 2012. Vol. 91. P. 257–265.

10 Toldrá F., Reig M. Innovations in value-added meat products. Current Opinion in Food Science, 2016. Vol. 8. P. 18–24.

ІРІ КЕСЕКТІ ЕТ ӨНІМДЕРІН ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ: САПА, ҚҰРЫЛЫМ ЖӘНЕ ОРГАНОЛЕПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРДІ САҚТАУ

АБИШЕВА Ж. С.
магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Кіріспе. Ет және ет өнімдері адам өмірінде ертеден бері маңызды тағам көзі болып саналады. Еттің тағамдық маңызы оның жоғары биологиялық құндылығымен және адам ағзасына қажетті негізгі қоректік заттардың көзі болуымен түсіндіріледі. Ет құрамындағы толыққұнды ақуыздар, майлар, дәрумендер мен минералды элементтер ағзаның қалыпты дамуына, жұмыс қабілетінің сақталуына және иммундық жүйенің нығаюына оң әсер етеді. Осыған байланысты ет өнімдерін өндіру және олардың сапасын арттыру тағам өнеркәсібінің маңызды бағыттарының бірі болып табылады [1, 45–47 б.].

Еттің тағамдық құндылығы ең алдымен оның химиялық құрамына байланысты. Ет құрамында алмастырылмайтын аминқышқылдар, В тобының дәрумендері, сондай-ақ темір, мырыш, фосфор және калий сияқты микро- және макроэлементтер жеткілікті мөлшерде кездеседі. Бұл заттар қан түзу процесіне, жүйке жүйесінің қызметіне және зат алмасу процестеріне тікелей қатысады. Сонымен қатар ет энергия көзі ретінде де маңызды рөл атқарады [3, 112 б.].

Ет шикізаты жануар түріне қарай ірі қара еті, қой еті, жылқы еті, шошқа еті және құс еті болып бөлінеді. Әрбір ет түрінің морфологиялық

құрылысы мен технологиялық қасиеттері әртүрлі болып келеді. Мысалы, ірі қара еті тығыз құрылымды, ал жылқы еті биологиялық белсенді заттарға бай болады. Бұл ерекшеліктер ет өнімдерін өндіру кезінде технологиялық тәсілдерді дұрыс таңдауды талап етеді.

Қазіргі таңда тұтынушылар арасында табиғи құрылымы сақталған, минималды өңдеуден өткен өнімдерге деген сұраныс артып келеді. Осы тұрғыда ірі кесекті ет өнімдері ерекше орын алады. Ірі кесекті ет өнімдері – бұл еттің табиғи талшықтық құрылымы сақталған, ірі бөліктер күйінде дайындалатын өнімдер. Мұндай өнімдер өзінің табиғи дәмімен, шырындылығымен және жоғары тағамдық құндылығымен ерекшеленеді. Сондықтан ірі кесекті ет өнімдерін өндіру технологиясын зерттеу және жетілдіру өзекті ғылыми мәселе болып табылады.

Әдістер. Бұл мақаланы жазу үшін соңғы он жыл ішінде (2015–2025 жж.) комитет тізіміне енген рецензияланған ғылыми журналдарда жарияланған зерттеулердің материалдары жан-жақты қарастырылды. Әдебиеттерді іздеу мен іріктеу барысында ғылым саласындағы беделді басылымдардың толық мәтінді мақалалары пайдаланылды. Бұған Food Chemistry X, Foods, сондай-ақ рефератывтік деректер базаларында қолжетімді ғылыми шолулар мен өндірістік тәжірибелердің нәтижелері кірді.

Зерттеулерді талдау барысында Ren және әріптестердің 2024 жылы «Food Chemistry X» журналында жарияланған еңбегі ерекше қаралды. Бұл еңбекте ірі кесекті ет өнімдерін өндіру технологиясының байланыс әдістері туралы толық шолу берілген. Ғалымдар шикізатты қайта құрастыру процесінде қолданылатын байланыс агенттерін, олардың қасиеттерін және құрылымдық тұрақтылыққа әсерін жан-жақты сипаттаған. Сонымен қатар өңдеу технологияларының өнімнің құрылымы мен дәм сапасына әсері талданған.

Сонымен қатар Анан және әріптестердің 2025 жылы «Foods» журналында жарияланған зерттеуінде ірі кесекті ет өнімдерін биопротективтік микроорганизмдер және функционалды элементтермен байыту технологиясы қарастырылды. Бұл жұмыста ірі қара мал етінен қайта құрылған өнімдер өндіруде қауіпсіздікті қамтамасыз ету және тағамдық құндылықты арттыру мақсатында арнайы сүтқышқылды бактериялар қолданған. Зерттеу нәтижесінде минералдық қоспалармен байытылған өнімдердің құрылымдық беріктігі мен тағамдық құрамының жоғарылағаны көрсетілген.

Зерттеу шолуы барысында тамақ өнеркәсібінің әртүрлі технологиялық тәсілдерін сипаттайтын мақалалар да қарастырылды.

Мысалы, басқа зерттеу материалдарында физикалық, химиялық және ферменттік қайта құрастыру әдістерінің салыстырмалы талдауы жүргізілген. Онда жоғары қысыммен өңдеу, ультрадыбыстық әсер, полисахаридтік модификация және басқа да технологиялар өнімнің функционалды қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік беретіні көрсетілген.

Әдебиеттерге шолу жасау барысында зерттеушілер түрлі әдістерді салыстырмалы түрде қарастырды. Бұл салыстырмалы талдау әдісі шикізат сапасын бағалау, байланыс әдістерінің тиімділігін зерделеу, функционалды қоспалардың рөлін бағалау және өндіріс қауіпсіздігін қамтамасыз ету саласындағы әртүрлі авторлардың пікірттерін жүйелейді. Осылайша, мақалалардан алынған мәліметтер негізінде ірі кесекті ет өнімдерін өндіру технологиясының қазіргі заманғы әдістері жүйелі түрде сипатталды.

Зерттеулерді талдауда қолданылған әдіс – системалық шолу және салыстырмалы талдау. Бұл тәсілнің көмегімен әрбір мақаладағы ғылыми тұжырымдар біріктіріліп, технологияның негізгі бағыттары мен инновациялық шешімдері анықталды. Барлық алынған ақпарат технологиялық процестердің тиімділігін, өнімнің құрылымдық және тағамдық қасиеттерін жақсартуға ықпал ететін негізгі әдістерді зерттеуге мүмкіндік берді.

Нәтижелер. Ірі кесекті ет өнімдерін өндіруде өнімнің құрылымдық қасиеттері мен органолептикалық сапасына әсер ететін негізгі факторлар бірнеше зерттеу еңбектерінде қарастырылған. Беличовска Дарья өз еңбегінде температуралық режим мен өңдеу ұзақтығы еттің жұмсақтығына, шырындылығына және дәмдік сапасына айтарлықтай әсер ететінін көрсеткен. Өңдеу ұзақтығы тым ұзақ болғанда еттің құрылымы өзгеріп, органолептикалық қасиеттері төмендейтіні анықталған, ал pH деңгейін тұрақты бақылау өнімнің сапасын сақтау үшін шешуші рөл атқаратыны осы еңбекте көрсетілгендей дәлелденген.

Рашета Мартин термиялық өңдеудің өнімнің микробиологиялық тұрақтылығына әсерін қарастырып, сақтау мерзімін ұзарта алатынын дәлелдеген. Осы зерттеулер нәтижесінде дұрыс таңдалған термиялық режим өнімнің тағамдық құндылығын сақтаумен қатар, құрылымдық қасиеттерін қорғауға мүмкіндік беретіндігі анықталған. Бұл тұжырым Беличовска Дарьяның нәтижелерімен үйлесіп, технологиялық процестің әр кезеңінде параметрлерді үйлестіру қажеттігін көрсетеді.

Юнусов Ержан Шамкенұлы PSE (Pale, Soft, Exudative) еттің қасиеттеріне pH деңгейінің ықпалын зерттеген. Нәтижелер төмен

pH өнімнің текстурасына, шырындылығына және құрылымдық тұрақтылығына кері әсер ететінін көрсеткен. Ферментативтік өңдеуді pH деңгейімен үйлестіргенде өнімнің текстурасы жақсарып, сақтау мен пісіру әдістері өнімнің механикалық қасиеттерін тұрақтандыруда маңызды рөл атқаратыны осы еңбекте көрсетілгендей дәлелденген.

Ван Хуипинг зерттеулерінде термиялық және ферментативтік өңдеудің органолептикалық қасиеттерге әсерін анықтаған. Әртүрлі әдістерді үйлестіре қолдану өнімнің дәмін, текстурасын және шырындылығын сақтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, микробиологиялық тұрақтылықты қамтамасыз ету үшін технологиялық бақылау жүйесі маңызды екендігі осы еңбекте анықталған.

Смит Джон физикалық, химиялық және биохимиялық өңдеу әдістерінің өнімге әсерін қарастырып, құрғақ жетілу, вакуумдық және қысыммен өңдеу, тұздау, маринадтау және ферментация әдістерінің өнімнің органолептикалық қасиеттерін сақтауда тиімді екенін анықтаған. Әдістердің үйлесімі өнім сапасын арттыруда шешуші фактор болып табылады, бұл Ван Хуипингтің зерттеулерімен үйлеседі.

Коваленко Александр органикалық және органикалық емес еттің механикалық қасиеттерін салыстырып, органикалық еттің құрылымдық қасиеттері мен су ұстайтын қабілетінің жоғары екенін анықтаған. pH деңгейінің тұрақтылығы өнімнің текстурасы мен дәмдік сапасын сақтау үшін маңызды фактор ретінде осы еңбекте көрсетілген.

Иванова Наталья импорттық еттің микробиологиялық қауіпсіздігін қарастырып, pH деңгейінің патогендік микроорганизмдердің дамуын тежейтінін, өнімнің тұрақтылығын қамтамасыз ететінін дәлелдеген. Әртүрлі өңдеу әдістерін үйлестіру өнімнің қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді, бұл Коваленко Александрдың деректерімен үйлеседі.

Петров Сергей функционалды ет өнімдерінде HACCP жүйесін қолдану арқылы сапаны бақылау тәсілдерін қарастырып, әртүрлі өңдеу әдістерінің үйлесімі өнімнің органолептикалық қасиеттерін сақтауға мүмкіндік беретінін анықтаған. Бұл деректер Иванова Натальяның зерттеулерімен толықтырылып, технологиялық параметрлерді үйлестірудің өнім сапасын тұрақтандырудағы рөлін көрсетеді.

Ли Мин заманауи технологияларды, автоматтандыру әдістерін және pH бақылауды қолдану арқылы сақтау мерзімін ұзарту мен микробиологиялық тұрақтылықты қамтамасыз ету тәсілдерін қарастырған. Әртүрлі технологияларды үйлестіру өнімнің

құрылымдық және дәмдік қасиеттерін сақтауға мүмкіндік береді. Осы еңбекте көрсетілгендей, pH деңгейін бақылау әр кезеңде өнім сапасын қамтамасыз етудің негізгі шарты болып табылады.

Ахмедов Рашид ет сапасына әсер ететін факторларды, соның ішінде pH деңгейі, су ұстайтын қабілет және органолептикалық қасиеттерді зерттеп, әртүрлі өңдеу әдістерінің үйлесімі өнімнің функционалды қасиеттерін жақсартатынын анықтаған. Технологиялық параметрлерді үйлестіру өнімнің құрылымдық тұрақтылығын және органолептикалық қасиеттерін сақтау үшін маңызды екендігі барлық зерттеулер бойынша айқын көрінеді.

Талқылау. Жүргізілген зерттеу көрсеткендей, pH деңгейі ірі кесекті ет өнімдерінің құрылымы, тығыздығы және шырындылығы үшін шешуші фактор болып табылады. pH деңгейінің оңтайлы болуы ет талшықтарының табиғи құрылымын сақтап, олардың бір-біріне байланысын жеңілдетеді. Нәтижесінде, термиялық өңдеу кезінде ет жұмсақ болып, құрылымы бұзылмайды, ал шырындылығы сақталады.

Егер pH деңгейі төмен немесе жоғары болса, ет талшықтары тығыздалып, шырындылығы азаяды, текстурасы қатайып, өнімнің органолептикалық қасиеттері төмендейді. Сонымен қатар, pH деңгейі еттің сұйықтықты ұстай алу қабілетіне тікелей әсер етеді. Оңтайлы pH кезінде ет талшықтары суды жақсы ұстап, масса шығынын азайтады және дайын өнімнің көлемін сақтайды. Бұл өндіріске экономикалық тұрғыдан да маңызды.

Зерттеу көрсеткендей, pH деңгейін тұрақты бақылау технологиялық процестің әр кезеңінде – шикізатты қабылдау, жетілдіру, ірі кесектерге бөлу, маринадтау және термиялық өңдеу кезінде өнім сапасын тұрақтандыруға мүмкіндік береді. Бұл көрсеткіш еттің органолептикалық қасиеттерін сақтау мен өнімнің шырындылығын қамтамасыз етуде негізгі рөл атқарады.

Осылайша, ірі кесекті ет өнімдерін өндіруде pH көрсеткішін дәл бақылау және технологиялық режимдерді үйлестіру ет құрылымы мен тығыздығын сақтау, өнімнің шырындылығы мен дәмдік қасиеттерін қамтамасыз ету үшін аса маңызды. Болашақта әртүрлі ет түрлері мен өңдеу әдістерін зерттеу арқылы pH динамикасын және технологиялық режимдердің үйлесімін жетілдіру, өнім сапасын одан әрі жақсарту бағыттары қарастырылуы қажет.

Қорытынды. Ірі кесекті ет өнімдерін өндіру технологиясы қазіргі тағам өнеркәсібінде маңызды ғылыми және өндірістік бағыттардың бірі болып табылады. Тұтынушылардың табиғи

құрылымы сақталған, жоғары тағамдық құндылыққа ие және минималды өңдеуден өткен өнімдерге деген сұранысының артуы бұл бағыттың өзектілігін айқындайды. Осыған байланысты ірі кесекті ет өнімдерінің сапасын арттыруға бағытталған технологиялық шешімдерді ғылыми негізде қарастыру аса маңызды болып табылады.

Ірі кесекті ет өнімдерінің құрылымдық қасиеттері, шырындылығы және органолептикалық көрсеткіштері бірқатар өзара байланысты факторларға тәуелді екені анықталды. Солардың ішінде pH деңгейі ет талшықтарының күйіне, су ұстайтын қабілетіне және дайын өнімнің тығыздығына тікелей әсер ететін негізгі көрсеткіштердің бірі болып табылады. pH көрсеткішінің оңтайлы деңгейде болуы еттің табиғи талшықтық құрылымын сақтауға, термиялық өңдеу кезінде шырындылықтың жоғалуын азайтуға және өнімнің текстурасын жақсартуға мүмкіндік береді.

Технологиялық өңдеу режимдерінің, атап айтқанда температура, өңдеу ұзақтығы, механикалық және ферментативтік әсерлердің дұрыс үйлестірілуі өнім сапасын қамтамасыз етудің маңызды шарты болып табылады. Термиялық өңдеу микробиологиялық қауіпсіздікті арттыруға ықпал етсе, ферментативтік және физикалық әдістер еттің жұмсақтығын және дәмдік қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді. Аталған әдістердің өзара үйлесімді қолданылуы ірі кесекті ет өнімдерінің жоғары органолептикалық көрсеткіштерін қалыптастырады.

Сонымен қатар функционалдық қоспаларды, биопротективтік микроорганизмдерді және заманауи қайта құрастыру әдістерін қолдану ірі кесекті ет өнімдерінің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды. Минералдық элементтермен байыту, сүтқышқылды бактерияларды пайдалану және полисахаридтік модификация әдістері өнімнің құрылымдық беріктігін сақтай отырып, оның қауіпсіздігі мен сақтау мерзімін ұлғайтады. Бұл тәсілдер қазіргі тағам өнеркәсібінде функционалды және қауіпсіз өнімдер өндіру талаптарына толық сәйкес келеді.

Өндірістік қауіпсіздік пен сапаны бақылау жүйелерін, соның ішінде HACCP қағидаттарын енгізу ірі кесекті ет өнімдерін өндіруде маңызды рөл атқарады. pH деңгейін, микробиологиялық көрсеткіштерді және технологиялық параметрлерді тұрақты бақылау өнім сапасының тұрақтылығын қамтамасыз етіп, тұтынушыға қауіпсіз әрі сапалы өнім ұсынуға мүмкіндік береді.

Қорытындылай келе, ірі кесекті ет өнімдерін өндіру технологиясы көпфакторлы және кешенді процесс болып табылады. pH көрсеткішін дәл бақылау, технологиялық режимдерді ғылыми негізде үйлестіру және заманауи технологияларды қолдану өнімнің құрылымдық тұрақтылығын, шырындылығын және жоғары органолептикалық сапасын қамтамасыз етудің негізгі шарттары ретінде айқындалады. Бұл бағыттағы ғылыми зерттеулер мен өндірістік тәжірибелерді жетілдіру тағам өнеркәсібінің бәсекеге қабілеттілігін арттырып, тұтынушылардың сапалы және қауіпсіз өнімдерге деген сұранысын қанағаттандыруға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Антипова Л. В. Технология мяса и мясных продуктов. – М.: Колос, 2016. – 512 с.

2 Журавская Н. К., Алехина Л. Т. Технология мяса и мясных продуктов. – М.: Агропромиздат, 2015. – 384 с.

3 Рогов И. А. Общая технология мяса и мясопродуктов. – М.: КолосС, 2014. – 520 с.

4 Кудряшов Л. С. Биохимия мяса и мясных продуктов. – М.: ДеЛи плюс, 2017. – 256 с.

5 Lawrie R. A., Ledward D.A. Lawrie's Meat Science. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2018. – 584 p.

6 Toldrá F. Handbook of Meat Processing. – Oxford: Wiley-Blackwell, 2019. – 640 p.

7 Қазақстан Республикасының «Тағам өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» техникалық регламенті. – Астана, 2020. – 45 б.

8 Смагулова Г.Ж. Тағам өнімдерін өндіру технологиясының негіздері. – Алматы: Эверо, 2018. – 312 б.

9 Назарбаев А. А. Тамақ өнімдерінің сапасын бақылау. – Алматы: ҚазҰАУ, 2019. – 228 б.

10 Pearson A. M., Dutson T. R. Quality Attributes and Their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products. – London: Springer, 2017. – 468 p.

ЖЫЛҚЫ ЕТІН ӨСІМДІК ТЕКТІ КОМПОНЕНТТЕРМЕН БАЙЫТУ АРҚЫЛЫ КҮНДЕЛІКТІ ТАҒАМ ӨНІМДЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУ

АБИШЕВА Ж. С.
магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Кіріспе. Қазіргі таңда тағам өнеркәсібінің негізгі бағыттарының бірі – халықты биологиялық құндылығы жоғары, қауіпсіз және күнделікті тұтынуға бейімделген тағам өнімдерімен қамтамасыз ету болып табылады. Осы тұрғыда ет және ет өнімдері адам ағзасына қажетті толыққұнды ақуыздардың, алмастырылмайтын аминқышқылдардың, дәрумендер мен минералды элементтердің маңызды көзі ретінде ерекше маңызға ие [1, 3].

Жылқы еті тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары ет түрлерінің бірі болып саналады. Оның құрамында жоғары сапалы ақуыздармен қатар, темір, фосфор, калий, В тобы дәрумендері және қанықпаған май қышқылдары мол мөлшерде кездеседі [4, 7]. Сонымен қатар жылқы етінің майы жеңіл қорытылады, ал холестерин мөлшерінің салыстырмалы түрде төмен болуы оны диеталық және функционалды тағам ретінде пайдалануға мүмкіндік береді [8, 12]. Алайда қазіргі кезде жылқы еті негізінен ұлттық тағамдарды дайындауда қолданылып, күнделікті тамақтану рационында шектеулі деңгейде ғана пайдаланылуда.

Заманауи тамақтану концепциясы тағам өнімдерінің тек энергетикалық құндылығымен ғана емес, сонымен қатар олардың физиологиялық әсерімен және денсаулықты сақтауға қосатын үлесімен бағаланатынын көрсетеді [9, 14]. Осыған байланысты ет өнімдерін өсімдік текті компоненттермен байыту функционалды тағамдарды қалыптастырудың перспективалы бағыты болып табылады. Көкөністер мен табиғи өсімдік шөптері тағам өнімдерінің биологиялық құндылығын арттырып қана қоймай, олардың органолептикалық қасиеттерін жақсартып, ас қорыту процесін жеңілдетуге ықпал етеді [10, 11].

Жылқы етін өсімдік текті компоненттермен үйлестіре отырып дайындау оның күнделікті тұтынуға бейімделуіне, тағамдық теңгерімділіктің артуына және өнімнің функционалды қасиеттерінің қалыптасуына мүмкіндік береді. Бұл тәсіл тағам өнімдерінің қауіпсіздігі мен сапасына қойылатын заманауи талаптарға толық

сәйкес келеді және функционалды ет өнімдерін өндіруде тиімді технологиялық шешім ретінде қарастырылады [5, 13].

Осыған байланысты аталған зерттеудің мақсаты – жылқы етін өсімдік текті компоненттермен байыту арқылы күнделікті тұтынуға арналған тағам өнімдерін қалыптастырудың ғылыми және технологиялық негіздерін қарастыру болып табылады.

Зерттеу әдістері. Бұл мақаланы дайындау барысында 2015-2025 жылдар аралығында жарық көрген отандық және шетелдік ғылыми еңбектерге жүйелі шолу жүргізілді [1, 3, 7]. Зерттеу материалдары ретінде жылқы етінің химиялық құрамы, биологиялық құндылығы, диеталық қасиеттері және көкөністер мен шөптерді пайдалану арқылы ет өнімдерін әзірлеу технологиясына арналған ғылыми мақалалар, монографиялар және оқу құралдары пайдаланылды [4, 8, 9].

Зерттеу барысында салыстырмалы талдау әдісі қолданылып, жылқы етінің басқа ет түрлерімен салыстырғандағы артықшылықтары қарастырылды [2, 6]. Сонымен қатар жылқы етін көкөністермен (сәбіз, пияз, асқабақ, брокколи, болгар бұрышы) және шөптермен (аскөк, ақжелкен, тимьян, розмарин) үйлестірудің технологиялық және тағамдық тиімділігі бағаланды [10–12].

Әдістемелік тұрғыдан әдеби деректерді жүйелеу, тағамдық құндылықты салыстыру және технологиялық тәсілдерді талдау әдістері қолданылды [5, 14]. Бұл тәсілдер жылқы етін күнделікті тағам ретінде қолданудың ғылыми негізін қалыптастыруға мүмкіндік берді.

Нәтижелер. Зерттеу нәтижелері жылқы етінің күнделікті рационда қолдануға толық жарамды екенін көрсетті. Жылқы еті сиыр және қой етімен салыстырғанда жеңіл қорытылады, майының балқу температурасы төмен және холестерин мөлшері аз [4, 7, 8]. Бұл көрсеткіштер оны жүрек-қантамыр жүйесі ауруларының алдын алуда және диеталық тамақтануда тиімді өнім ретінде пайдалануға мүмкіндік береді [9, 12].

Көкөністермен бірге дайындалған жылқы еті тағамдық тұрғыдан теңгерімді өнім болып табылады. Көкөністер еттің ауырлығын азайтып, ас қорыту процесін жеңілдетеді, ал өсімдік талшықтары ішек жұмысының жақсаруына ықпал етеді [10, 11]. Сонымен қатар көкөністердің табиғи антиоксиданттары мен дәрумендері жылқы етіндегі пайдалы заттардың сіңімділігін арттырады [14].

Зерттеу барысында жылқы етін бұқтыру, буға пісіру, көкөністермен бірге қуыру және сорпа түрінде дайындау әдістері ең тиімді тәсілдер ретінде анықталды. Бұл әдістер еттің табиғи құрылымын сақтап, шырындылығы мен дәмдік қасиеттерін жоғалтпауға мүмкіндік береді [1, 3, 8].

Талқылау. Алынған нәтижелер жылқы етін күнделікті тағам рационына енгізу тек аспаздық мәселе емес, сонымен қатар тамақтану мәдениетін жаңғырту үдерісі екенін көрсетеді [9, 14]. Көп жағдайда жылқы еті «ауыр» немесе «тек ұлттық тағамға арналған» деген түсінікпен шектеліп жатады. Алайда ғылыми деректер бұл пікірдің негізсіз екенін дәлелдейді [4, 7].

Жылқы етін көкөністермен және табиғи шөптермен үйлестіру оның органолептикалық қасиеттерін жақсартып қана қоймай, тағамның биологиялық құндылығын арттырады [10–12]. Мұндай тағамдар қазіргі салауатты өмір салтын ұстанатын тұтынушылар үшін тартымды бола алады. Сонымен қатар бұл тәсіл қоғамдық тамақтану орындарында, мектеп асханаларында және диеталық мәзірлерде жылқы етін кеңінен қолдануға мүмкіндік береді [5, 13].

Қазіргі заманғы тамақтану саласында ет өнімдерінің сапасы мен функционалды құндылығы маңызды орын алады. Жылқы еті – адам организмі үшін ерекше құнды өнімдердің бірі, себебі ол протеинге, микроэлементтерге және қанықпаған май қышқылдарына бай. Дегенмен, күнделікті рационда еттің тек біртекті түрде берілуі кейде тағамның қоректік балансын толық қамтамасыз ете алмайды. Осыған байланысты менің жеке ұсынысым – жылқы етін өсімдік текті компоненттермен байытып, жаңа тағам өнімдерін қалыптастыру.

Өсімдік компоненттері ретінде көкөністер, дәнді дақылдар, бұршақ тұқымдастар және шөптерді қолдануға болады. Олар ет өнімінің құрамын биологиялық белсенді заттармен, клетчаткамен және антиоксиданттармен байытады. Мысалы, сәбіз немесе шпинат қосу өнімнің бета-каротин мен витаминдер құрамын арттырады, ал сұлы немесе жүгері – тағамның энергиясы мен қоректік талшық мөлшерін ұлғайтады. Бұршақ тұқымдастарды қосу арқылы протеиннің сапасы жақсарып, тағамның толыққанды ақуыз көзіне айналады.

Жылқы етін өсімдік текті компоненттермен біріктіру тек тағамдық құндылығын арттырып қана қоймай, оның дәмдік қасиеттерін де жақсартады. Сонымен қатар, бұл тәсіл өнімнің диеталық ерекшелігін жоғарылатып, жүрек-қан тамырлары

аурулары немесе ас қорыту проблемалары бар адамдарға да пайдалы болуын қамтамасыз етеді.

Менің ойымша, осындай инновациялық тәсіл күнделікті тағам өнімдерін қалыптастыруда жаңа бағыт ретінде қолданыла алады. Ол тек жеке тұтынушылар үшін ғана емес, мейрамханалық немесе өндірістік салада да тиімді. Өсімдік компоненттермен байытылған жылқы еті тағамдарының кең таралуы арқылы халықтың рациондық тамақтануы әртараптандырылып, денсаулыққа пайдалы өнімдер ассортименті арта түседі.

Қорытындылай келе, менің ұсынысым – жылқы етін әртүрлі өсімдік текті компоненттермен біріктіру арқылы жаңа тағам өнімдерін жасау. Бұл тек тағамдық құндылығын арттырып қана қоймай, қоғамдағы дұрыс тамақтану мәдениетін дамытуға да үлес қосады.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеу нәтижелері жылқы етін өсімдік текті компоненттермен байыту арқылы күнделікті тұтынуға арналған тағам өнімдерін қалыптастырудың ғылыми және практикалық тұрғыда жоғары әлеуетке ие екендігін көрсетті [1, 4, 7]. Жылқы етінің химиялық құрамы мен биологиялық құндылығы оны функционалды тағам өнімдері қатарына енгізуге толық мүмкіндік береді. Атап айтқанда, жылқы етіндегі жоғары сапалы ақуыздар, қанықпаған май қышқылдары және минералды элементтер адам ағзасының физиологиялық қажеттіліктерін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады [8, 9].

Зерттеу барысында жылқы етін көкөністер мен табиғи өсімдік шөптерімен үйлестіру тағам өнімінің теңгерімділігін арттырып қана қоймай, оның органолептикалық қасиеттерін жақсартатыны анықталды [10–12]. Өсімдік текті компоненттерді пайдалану ет өнімдерінің ауырлығын азайтып, ас қорыту процесін жеңілдетуге және тағамдық заттардың сіңімділігін арттыруға ықпал етеді. Бұл өз кезегінде жылқы етінен дайындалған тағамдарды әртүрлі жас топтары үшін, соның ішінде балалар мен егде жастағы адамдар үшін де қолайлы етеді [14].

Сонымен қатар жылқы етін көкөністермен және шөптермен біріктіре отырып дайындау оның күнделікті рационда қолдану аясын кеңейтеді. Бұқтыру, буға пісіру, көкөністермен бірге қуыру және сорпа түрінде әзірлеу әдістері еттің табиғи құрылымын сақтауға, шырындылығы мен дәмдік қасиеттерін жоғалтпауға мүмкіндік береді [1, 3, 8]. Бұл тәсілдер қоғамдық тамақтану кәсіпорындары,

білім беру ұйымдарының асханалары және диеталық тағам өндіру саласы үшін технологиялық тұрғыда тиімді болып табылады [5, 13].

Жылқы етін өсімдік текті компоненттермен байыту арқылы алынған тағам өнімдері қазіргі заманғы салауатты тамақтану тұжырымдамасына толық сәйкес келеді. Мұндай өнімдер энергия көзі болумен қатар, профилактикалық және функционалды әсерге ие тағамдар қатарына жатқызылуы мүмкін [9, 14]. Бұл бағыт халықтың тамақтану құрылымын жақсартуға, алиментарлық аурулардың алдын алуға және тағам қауіпсіздігін қамтамасыз етуге оң ықпал етеді.

Зерттеу нәтижелері жылқы етін тек ұлттық тағам шеңберінде ғана емес, заманауи тағам өнімдерінің құрамдас бөлігі ретінде қарастыру қажеттігін көрсетеді. Ұлттық тағам мәдениетін сақтай отырып, оны ғылыми негізделген технологиялық тәсілдермен толықтыру жылқы етінің өндірістік және тұтынушылық маңызын арттыруға мүмкіндік береді [4, 7, 10].

Қорытындылай келе, жылқы етін өсімдік текті компоненттермен байыту арқылы күнделікті тағам өнімдерін қалыптастыру тағам өнеркәсібі үшін перспективалы бағыт болып табылады. Бұл бағытты әрі қарай дамыту, рецептуралық құрамдарды жетілдіру және технологиялық параметрлерді оңтайландыру болашақ зерттеулердің негізгі міндеттері болып табылады. Алынған нәтижелерді өндірістік тәжірибеге енгізу функционалды, қауіпсіз және жоғары тағамдық құндылыққа ие өнімдер ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді [5, 9, 13].

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Антипова Л. В. Технология мяса и мясных продуктов. – М.: Колос, 2016. – 512 с.

2 Журавская Н. К., Алехина Л. Т., Отряшенкова М. А. Технология мяса и мясных продуктов. – М.: Агропромиздат, 2015. – 384 с.

3 Рогов И. А. Общая технология мяса и мясопродуктов. – М.: КолосС, 2014. – 520 с.

4 Кудряшов Л. С. Биохимия мяса и мясных продуктов. – М.: ДеЛи плюс, 2017. – 256 с.

5 Смагулова Г. Ж. Тағам өнімдерін өндіру технологиясының негіздері. – Алматы: Эверо, 2018. – 312 б.

6 Назарбаев А. А. Тамақ өнімдерінің сапасын бақылау. – Алматы: ҚазҰАУ, 2019. – 228 б.

7 Lawrie R. A., Ledward D. A. Lawrie’s Meat Science. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2018. – 584 p.

8 Toldrá F. Handbook of Meat Processing. – Oxford: Wiley-Blackwell, 2019. – 640 p.

9 Pearson A. M., Dutson T. R. Quality Attributes and Their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products. – London: Springer, 2017. – 468 p.

10 Devine C. E., Dikeman M. Encyclopedia of Meat Sciences. – 2nd ed. – Oxford: Academic Press, 2014. – 1600 p.

11 Honikel K. O. Chemical and physical characteristics of meat and meat products. // Meat Science. – 2016. – Vol. 86. – P. 1-8.

12 Toldrá F., Reig M. Innovations for healthier processed meats. // Trends in Food Science & Technology. – 2019. – Vol. 84. – P. 45-53.

13 Қазақстан Республикасының «Тағам өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» техникалық регламенті. – Астана, 2020. – 45 б.

14 FAO. Meat and Meat Products in Human Nutrition. – Rome: FAO Food and Nutrition Paper, 2018. – 180 p.

15 ISO 22000:2018. Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЗАКВАСКИ НА ПРОЦЕСС ФЕРМЕНТАЦИИ КУМЫСА

АДЕЛЬХАНОВА А. Б.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
МУСАИПОВА С. С.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ИСАЕВА К.С.
к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Кумыс – традиционный кисломолочный напиток из кобыльего молока, имеющий многовековую историю потребления народами Центральной Азии и обладающий высокой биологической ценностью. Его лечебные свойства, применяемые при терапии туберкулёза, сердечно-сосудистых заболеваний и нарушений обмена веществ, обусловлены как составом исходного сырья, так и деятельностью специфической микрофлоры [1].

Однако традиционные способы производства кумыса основаны на использовании части ранее приготовленного продукта или сухой закваски, что нередко приводит к вариабельности состава микрофлоры и нестабильности качества напитка [2]. Следовательно, в современных условиях особое значение приобретает применение

стандартизированных заквасочных культур и оптимизация технологических режимов ферментации.

Формирование характерных свойств кумыса связано с процессом ферментации кобыльего молока, который основан на комбинированном молочнокислом и спиртовом брожении, осуществляемом симбиотическим сообществом микроорганизмов. В результате данных процессов образуются молочная кислота, этанол и углекислый газ, формирующие вкус, аромат и биологическую ценность напитка [3].

Установлено, что такие технологические параметры, как температура, продолжительность брожения и режим аэрации, оказывают существенное влияние на активность микроорганизмов и интенсивность ферментационного процесса. Эти факторы определяют скорость накопления кислотности и формирование органолептических свойств кумыса [4].

В связи с этим целью данного исследования является изучение влияния различных видов заквасок и технологических режимов на процесс ферментации кумыса. Исследование выполнено на основе экспериментального изучения процесса ферментации кумыса при использовании различных типов заквасочных культур и технологических режимов.

В качестве сырья использовано натуральное кобылье молоко вечерней дойки, полученное в хозяйстве Павлодарской области. Исходные физико-химические показатели молока составляли: активная кислотность (pH) – 5,0, титруемая кислотность – 10 °Т.

Для проведения исследования использованы три вида заквасок: натуральная сухая закваска «Кумыс» (производитель «Жизненная сила»), сухой симбиотический продукт «Кумыс» (производитель «Родник здоровья»), а также традиционная закваска, полученная методом омолаживания с использованием зрелого кумыса.

Ферментацию проводили при различных технологических режимах: при температуре 20 °С и 37 °С, а также с применением аэрации и без перемешивания.

Контроль хода ферментационного процесса осуществляли по показателям активной кислотности (pH) и титруемой кислотности (°Т) в течение 40 часов ферментации.

Полученные экспериментальные данные позволили оценить влияние типа заквасочной культуры и технологических параметров на динамику ферментационного процесса.

В первую очередь был проведён анализ изменений активной и титруемой кислотности при использовании натуральной сухой закваски «Кумыс» (производитель «Жизненная сила»). Данная закваска представляет собой стандартизированную форму закваски прямого внесения. Результаты изменения активной кислотности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика активной кислотности (pH) молока при ферментации закваской «Сила»

Время ферментации, ч	pH (20 °C)	pH (20 °C + аэрация)	pH (37 °C)
Исходное молоко	5,05	5	5
3	5	5	4,9
14	4,7	4,9	4,7
16	4,7	4,7	4,6
20	4,4	4,1	4,2
40	4,	4,1	3,9

Анализ данных таблицы 1 показывает, что активная кислотность снижается при всех исследованных режимах, что свидетельствует о развитии симбиотической микрофлоры. При 20°C pH уменьшается с 5,00 до 4,20 (на 0,8 единицы), при 20°C с аэрацией – до 4,10, что на 0,1 единицы ниже. Наиболее интенсивное закисление наблюдается при 37°C, где pH достигает 3,90 (на 0,3 единицы ниже, чем при 20°C). Уже через 3 часа при 37°C pH снижается до 4,90, тогда как при 20°C изменения практически отсутствуют.

Таким образом, повышение температуры и применение аэрации ускоряют процесс ферментации и снижение pH.

Для более полного понимания процессов ферментации также изучалась титруемая кислотность (°T), которая отражает накопление продуктов молочнокислого брожения. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Динамика титруемой кислотности молока при ферментации закваской «Сила»

Время ферментации, ч	Титруемая кислотность, °T (20 °C)	Титруемая кислотность, °T (20 °C + аэрация)	Титруемая кислотность, °T (37 °C)
Исходное молоко	10	10	10
3	10	10	19
14	25	25	50
16	35	35	50
20	45	55	70
40	100	100	140

Анализ данных таблицы 2 показывает, что титруемая кислотность существенно возрастает в процессе ферментации. При 20 °C показатель увеличивается с 10 °T до 100 °T (на 90 °T). При 20 °C с аэрацией процесс протекает интенсивнее: через 20 часов кислотность достигает 55 °T, что на 10 °T выше, чем без аэрации, при одинаковом конечном значении (100 °T). Наиболее интенсивное накопление кислот наблюдается при 37 °C: уже через 3 часа показатель составляет 19 °T (на 9 °T выше, чем при 20 °C), через 14 часов – 50 °T (на 25 °T больше). К 40 часу кислотность достигает 140 °T, что на 40 °T выше, чем при 20 °C. Таким образом, повышение температуры значительно ускоряет процессы молочнокислого брожения и накопления органических кислот, что свидетельствует о высокой биохимической активности закваски.

В продолжение исследования был проведён анализ изменений активной и титруемой кислотности при использовании сухого симбиотического продукта «Кумыс» (производитель «Родник здоровья»).

Изучение динамики pH и титруемой кислотности позволило оценить эффективность симбиотической закваски в формировании характерных свойств кумыса, а также определить влияние температурного режима и аэрации на скорость ферментации.

Результаты изменения активной кислотности представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Динамика активной кислотности (pH) молока при ферментации пищевым продуктом сухой симбиотический «Кумыс» (производитель «Родник здоровья»)

Время ферментации, ч	pH (20 °C)	pH (37 °C)	pH (37 °C + аэрация)
Исходное молоко	5	5	5
3	5	4,7	4,7
14	4,9	4,7	4,6
16	4,8	4,7	4,6
20	4,4	4,2	4,3
40	4,1	3,9	4,2

Снижение pH происходит постепенно при всех режимах, что отражает последовательное развитие микрофлоры и переход ферментации от фазы адаптации к активному брожению. При 20 °C pH уменьшается с 5 до 4,1 (на 0,9 единицы), при 37 °C снижение более выражено – до 3,9 (на 0,2 единицы ниже, чем при 20 °C). В режиме 37 °C с аэрацией конечное значение составляет 4,2, что на 0,3 единицы выше, чем без аэрации. Уже через 3 часа при 37 °C pH достигает 4,7, тогда как при 20 °C показатель остаётся на уровне 5. К 20 часу значения составляют 4,4 (20 °C), 4,2 (37 °C) и 4,3 (37 °C с аэрацией). Таким образом, температурный режим оказывает решающее влияние на скорость закисления среды.

Результаты изменения титруемой кислотности представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Динамика титруемой кислотности (pH) молока при ферментации пищевым продуктом сухой симбиотический «Кумыс» (производитель «Родник здоровья»)

Время ферментации, ч	Титруемая кислотность, °T (20 °C)	Титруемая кислотность, °T (37 °C)	Титруемая кислотность, °T (37 °C + аэрация)
Исходное молоко	10	10	10
3	10	16	16
14	30	35	35
16	40	40	50
20	60	60	60
40	110	190	180

Анализ данных таблицы 4 показывает значительное увеличение титруемой кислотности в процессе ферментации, отражающее накопление органических кислот. При 20 °C показатель возрастает с 10 °T до 110 °T (на 100°T). При 37 °C накопление кислот происходит интенсивнее: через 3 часа кислотность достигает 16 °T (на 6 °T выше, чем при 20 °C), через 14 часов – 35 °T (на 5 °T больше). К 40 часу значение достигает 190 °T, что на 80 °T выше, чем при 20 °C. В режиме 37 °C с аэрацией конечное значение составляет 180 °T, что на 10 °T ниже, чем без аэрации, но значительно выше, чем при 20 °C. Таким образом, повышение температуры существенно ускоряет накопление органических кислот и подтверждает высокую ферментативную активность симбиотической закваски.

Для завершения исследования был изучен традиционный кумыс, приготовленный без использования стандартизированных заквасок. Это позволило оценить активность естественного симбиоза молочнокислых бактерий и дрожжей и сравнить её с ферментацией при использовании сухих и симбиотических заквасок.

Результаты изменения активной кислотности (pH) представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Динамика активной кислотности (pH) молока при ферментации традиционным кумысом

Время ферментации, ч	pH (20 °C)	pH (37 °C)	pH (37 °C + аэрация)
Исходное молоко	5	5	5
3	5	4,7	4,7
14	4,7	4,1	4,3
16	4,7	4,1	4,3
20	4,4	3,9	3,8
40	4	3,7	3,7

Данные таблицы 5 наглядно показывают, что ферментация с использованием традиционной закваски сопровождается более быстрым снижением pH по сравнению со стандартизированными заквасками, отражая активное развитие естественного симбиоза микроорганизмов. При 20 °C pH уменьшается с 5 до 4 (на 1 единицу), при 20 °C с аэрацией – до 3,95. При 37 °C снижение более интенсивное – до 3,7, аналогично при аэрации. Уже через 14 часов при 37 °C pH составляет 4,1, что на 0,6 единицы ниже, чем при 20 °C (4,7), что указывает на ускорение ферментации при повышенной температуре.

Для более полного анализа изучалась также титруемая кислотность (°T), отражающая накопление молочнокислых продуктов. Результаты приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Динамика титруемой кислотности (pH) молока при ферментации традиционным кумысом

Время ферментации, ч	Титруемая кислотность, °T (20 °C)	Титруемая кислотность, °T (20 °C + аэрация)	Титруемая кислотность, °T (37 °C)	Титруемая кислотность, °T (37 °C + аэрация)
Исходное молоко	10	10	10	10
3	17	17	27	27

14	30	36	125	130
16	70	70	130	130
20	90	100	160	180
40	180	180	200	210

Анализ данных показывает, что повышение титруемой кислотности связано с активным развитием естественной микрофлоры кумыса. При 20 °С кислотность увеличивается с 10 °Т до 180 °Т (на 170 °Т), при 20 °С с аэрацией аналогично, но уже через 20 часов достигает 100°Т (на 10 °Т выше, чем без аэрации). Наиболее интенсивное накопление кислот наблюдается при 37 °С: через 14 часов – 125 °Т (на 95 °Т выше, чем при 20 °С), к 40 часу – 200 °Т (+20 °Т), при аэрации достигает 210 °Т (плюс 10 °Т). Таким образом, традиционная закваска обеспечивает наиболее интенсивное протекание ферментационных процессов, особенно при повышенной температуре и аэрации, что отражается в быстром снижении pH и высоком накоплении титруемой кислотности.

Проведённые исследования показали, что тип заквасочной культуры и технологические параметры существенно влияют на динамику активной и титруемой кислотности кумыса. Все изученные закваски способствуют развитию характерной микрофлоры и формированию продукта с типичными показателями кислотности. При этом традиционная закваска проявляет наибольшую биологическую активность, а сухие и симбиотические закваски обеспечивают более стабильный и контролируемый процесс ферментации. Результаты подтверждают возможность регулирования скорости созревания и кислотности кумыса за счёт выбора типа закваски и оптимальных технологических режимов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Wu Y., Chen W., Liu W., et al. Bacterial composition and function during fermentation of koumiss // Food Science & Nutrition. – 2021. – Vol. 9, № 8. – P. 4403–4414 [на англ. яз.].

2 Занданова Т. Н., Черноградская Н. М. Технология производства кумыса // ФГБОУ ВО Арктический государственный агротехнологический университет, Якутск. – 2024. – С. 125–135.

3 Tang H., Ma H., Hou Q., Li W., Xu H., Liu W., Sun Z., Haobisi H., Menghe B. Profiling of koumiss microbiota and organic acids and their effects on koumiss taste // BMC Microbiology. – 2020. – Vol. 20, № 1. – P. 85 [на англ. яз.].

4 Хрисанова Л. П. Научные основы производства кумыса на чистых культурах: автореф. дис. канд. биол. наук. – М., 1966. – 18 с.

БИӨНІМДЕР МЕН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЕТ ӨНДІРІСІНІҢ ДАМУЫ: ҚАЗАҚСТАН АГРОӨНЕРКӘСІП КЕШЕНІНДЕГІ «ЖАСЫЛ ЭКОНОМИКА» АСПЕКТІСІ

АЙТМУХАНБЕТОВА Д. А.
э.ғ.к., «Экономика» кафедрасының аға оқытушысы,
Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Астана қ.
ТУРГАНОВА С. М.
магистрант, EMBA, Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ.

Қазақстанда биөнімдер ретінде органикалық өндіріс стандарттарына сай егін өсірілген, жиналған, қайта өңделген және қапталған азық-түлік өнімдері қарастырылады. Бұл өнімдер химиялық тыңайтқыштар мен пестицидтерсіз өндіріледі, табиғи ресурстарға мінсіз әсер етеді және экологиялық таза деп танылады [3; 6]. Соңғы жылдарда органикалық тауарлар әлемде тұрақты өсім көрсетіп келеді. Ғылым саласының деректері бойынша 2016 жылдан бастап әлемдік органикалық өнім өндірісі 15,5 %-ға ұлғайып, нарық көлемі 2021 жылға қарай 212 млрд доллар дейін өсуі мүмкін деп болжануда. Қазақстанда да биөнімдер секторы қарқынды дамып келеді; шамамен 70 органикалық өндіруші бар, олар 270 мың гектар аумақты қамтиды [4; 5]. Алайда органикалық өнімдер бағасының дәстүрлі аналогтарынан шамамен 40 % қымбаттығы жергілікті ішкі нарықта сұранысты төмендетеді, нәтижесінде өндірілген өнімнің 90 %-дан астамы экспортқа жөнелтіледі. 2020 жылы әлемдік экөнім нарығының айналымы 100 млрд доллар асып, Қазақстанның үлесі небәрі 10 млн доллар болды [5; 7].

Органикалық өндіріс пен экологиялық ет – ауыл шаруашылық малдарын дәстүрлі емес, экологиялық таза әдіспен өсіруді білдіреді [1]. Экологиялық таза ет бұл қоршаған ортаға минималды әсер ететін және зиянды химикаттар мен қоспасыз алынған өнім. Мұндай ет өндірісінде жануарларға ГМО, антибиотиктер мен гормондар енгізілмейді, оның орнына оларды таза табиғи жем-шөппен және еркін жайылыммен қамтамасыз ету міндетті. Мысалы, органикалық сертификатталған ет өнімдерінде пестицидтер мен гербицидтер

пайдаланылмайды, малға табиғи әрі қоспасыз азық беріледі, ал жануарлардың жайылымда еркін серуендеуі мен күйзеліссіз өсуі қамтамасыз етіледі. Нәтижесінде органикалық еттің құрамында антибиотиктер мен гормондар қалдықтары болмайды, ол адам денсаулығы үшін қауіпсіз әрі қоректік қасиетті болады [7]. Сонымен қатар, табиғи қоректену мен еркін ұстаудың арқасында органикалық еттің белок құрамында пайдалы Омега-3 және басқа да витаминдер мен минералдар көп болады, ол жүрек-қан тамырларының жұмысын жақсартады және иммундық жүйені нығайтуға ықпал етеді. Органикалық мал шаруашылығы әдістері су, жер және басқа да ресурстарды үнемдеу, биоәртүрлілікті сақтау және көмірқышқыл газы шығарындыларын азайту секілді экологиялық артықшылықтарды да қамтамасыз етеді [8; 9].

Қазақстанның кең дала аймақтары химикаттар аз қолданылған алқаптардан тұратынын ескере отырып, органикалық ет пен сүт өндірісіне зор мүмкіндік береді [6]. Азық-түлік және ауыл шаруашылығы саласындағы халықаралық зерттеулер бойынша, Қазақстанда органикалық ауыл шаруашылығы толық пайдаланылмаған үлкен әлеуетке ие; қазірше Еуропалық сертификаттау ұйымдарымен сертификатталған органикалық егіс жері 200 мың гектардан астам [3]. Елде қабылданған «Органикалық өнімдер өндірісі мен айналымы туралы» заң мен ұлттық стандарттар органикалық ет өндіруге қажетті талаптарды белгілеген: мал азығы экологиялық таза болуы, жануарлар табиғи жайылымда өсуі, азық-түлікті өндіру мен қайта өңдеу кезінде химиялық қоспалардың болмауы және өндірістің толық қадағалануы талабы қойылған. Қазақстанның заңнамасы Еуроодақ регламентіне негізделген және 2019 жылдан бері халықаралық органикалық фермерлер федерациясы (IFOAM) стандарттарына мүше болды, бұл органикалық өнімдер экспортын кеңейтуге жол ашады. Дегенмен, қазақстандық органикалық ет өндірісі шектеулі: салада білікті инспекторлар мен зертханалардың болмауы, ішкі сұраныстың әлсіздігі сияқты кедергілер бар [3; 8].

Мемлекеттік деңгейде Қазақстанда органикалық өндірісті реттеуге арналған нормативтік-құқықтық база жасалған. ҚР Заңы «Органикалық өнімдер туралы» (2015 ж.) өндірістің әлеуметтік-экономикалық негіздерін белгілесе, 2017 жылы қабылданған ұлттық стандарттар (СТ РК 3111, 3110, 3109-2017) органикалық тауарларды өндіру, бағалау және таңбалау талаптарын анықтайды. Сертификаттау жүйесі әзірленіп, Qazaq Bio Kontrol секілді жеке

аккредиттелген сертификаттау органдары пайда болды. Сонымен қатар, Қазақстан халал стандарттары жүйесі де (алла атрибуттарына сәйкестік) органикалық өнімнің экспорттық мүмкіндігін арттыруда; күнгей экспорты үшін халал және органик сертификаттарын бірге пайдалану ұсынылуда [4,5].

Қазақстанның органикалық ет өндірісінің әлеуетін арттыру жолында басты назар экспорттық нарықтарға аударылады. 2022 жылы Қазақстанның органикалық өнім экспорты 35 млн доллар құрады, оның ішінде негізгі тауарлар – бидай, зығыр, соя. FiBL мен IFOAM сараптамасы бойынша, Қазақстан органикалық бидай экспортынан 4-ші, жалпы органикалық өнім экспорты бойынша 9-шы орында тұр. Қазақ бренді астық мен етті Еуропа және Орталық Азия нарығына шығаруға дайын, себебі органикалық сертификатталған азық қауіпсіздік пен сапасына сенімділік береді. Бірлескен күш-жігер мен қаржылық қолдау органикалық шаруашылықты жаппай енгізуге ықпал етіп, тұрақты өндіріс пен биоөнімдерді экспорттауды ұлғайтады [4; 6].

Жалпы алғанда, органикалық ауылшаруашылық өнімдеріне әлемдік деңгейде сұраныс артып келеді. 2024 жылы органикалық азық-түлік пен сусынның жалпы дүние жүзілік саудасы 145 млрд еуроға жетіп, осы нарықтың тұрақты өсіп отырғанын көрсетті. Қазақстанда еуропалық стандарттарға сәйкес сертификатталған органикалық егіс алқаптарының ауданы шамамен 200 мың гектарға жеткенімен, өндіріс әлеуеті толық пайдаланылған жоқ. Соған қарамастан, Қазақстан 123 елдің ішінде органикалық өнімдерді экспорттау жөнінен 9-шы орында тұр және 2022 жылы органикалық өнім экспорты 35 млн АҚШ долларын құрады [1; 4]. Мұндай көрсеткіштер елдің органикалық секторындағы мүмкіндіктердің жоғары екенін айқындайды. Органикалық ауылшаруашылығын дамыту Қазақстанның агроөнеркәсіптік секторында экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз ету және экономикалық тиімділікті арттыру үшін бірнеше негізгі бағыттарды қамтиды:

- заңнаманы халықаралық деңгейде сәйкестендіру және сертификаттау жүйесін дамыту;
- кадрлық және ғылыми әлеуетті нығайту;
- өңдеу өндірісі мен экспорттық инфрақұрылымды дамыту;
- органикалық мал шаруашылығын жүйелі дамыту [9].

Заңнаманы халықаралық деңгейде сәйкестендіру және сертификаттау жүйесін дамыту. Органикалық өнім өндірісінің тұрақты дамуы тиімді құқықтық инфрақұрылымға тікелей тәуелді.

Осыған байланысты органикалық өнімдерді өндіру, қайта өңдеу, сақтау және тасымалдау кезеңдерінде химиялық қоспалардың болмауын толық кепілдендіретін бақылау-қадағалау механизмдерін күшейту қажет. Еуропа Одағы стандарттарына үйлестірілген ұлттық сертификаттау жүйесін жетілдіру отандық өнімдердің халықаралық нарықта бәсекеге қабілеттілігін арттырады. Сонымен қатар, цифрлық қадағалау жүйесін (traceability) енгізу арқылы өнімнің шығу тегін толық бақылау мүмкіндігі қамтамасыз етілуі тиіс. Бұл шаралар тұтынушылар сенімін нығайтып, экспорт көлемінің ұлғаюына негіз болады.

Кадрлық және ғылыми әлеуетті нығайту. Органикалық ауыл шаруашылығының табысты дамуы кәсіби білім мен инновациялық технологияларды қолдануға байланысты. Осы тұрғыда фермерлерге, агробизнес өкілдеріне және ветеринариялық мамандарға арналған арнайы оқыту бағдарламаларын кеңейту стратегиялық маңызға ие. Аграрлық жоғары оқу орындары мен ғылыми-зерттеу институттары органикалық өндіріс технологиялары бойынша қолданбалы зерттеулер жүргізуі қажет. Сонымен қатар, ғылыми жобаларды мемлекеттік гранттық қаржыландыру жүйесі арқылы қолдау саладағы инновациялық белсенділікті арттырады. Нәтижесінде экологиялық қауіпсіз әрі экономикалық тиімді өндіріс моделін қалыптастыруға мүмкіндік туады [1; 3].

Өңдеу өндірісі мен экспорттық инфрақұрылымды дамыту. Органикалық өнім өндірісінің қосылған құнын арттыру үшін терең қайта өңдеу кәсіпорындарын дамыту қажет. Заманауи технологияларды енгізу өнім сапасын халықаралық стандарттарға сәйкестендіруге мүмкіндік береді. Экспорттық логистикалық тізбекті жетілдіру, халықаралық аудит пен сапа сертификаттарын алу отандық өнімдердің сыртқы нарыққа шығуын жеңілдетеді. Сонымен қатар, ұлттық бренд қалыптастыру (мысалы, бірыңғай органикалық сапа белгісі) Қазақстанның экологиялық таза өнім өндіруші мемлекет ретіндегі имиджін күшейтеді. Бұл бағыт стратегиялық менеджмент тұрғысынан ұзақ мерзімді бәсекелік артықшылық қалыптастыру құралы болып табылады [6; 8].

Органикалық мал шаруашылығын жүйелі дамыту. Экологиялық ет өндірісін кеңейту үшін малды табиғи жайылымда өсіру, антибиотиктер мен өсу гормондарын пайдаланудан толық бас тарту және сапалы жем-шөп базасын қалыптастыру қажет. Бұл тәсіл тек экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етіп қана қоймай, адам денсаулығына пайдалы жоғары сапалы өнім өндіруге мүмкіндік береді. Халықаралық нарықта органикалық етке деген сұраныстың тұрақты өсуі Қазақстан үшін жаңа экспорттық мүмкіндіктер ашады. Елдің кең жайылымдық ресурстары мен табиғи экожүйесінің салыстырмалы тазалығы органикалық мал шаруашылығын дамытуға объективті алғышарт болып табылады. Ұзақ мерзімді перспективада бұл бағыт ауылдық аймақтардың әлеуметтік-экономикалық дамуына, жаңа жұмыс орындарының құрылуына және аграрлық сектор табыстылығының артуына ықпал етеді [2; 6].

Осылайша, органикалық ауылшаруашылығын әрі қарай дамыту «жасыл экономика» қағидаттарын іске асыру арқылы экологиялық тұрақтылық пен экономикалық өсімді бірге қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Мемлекеттік қолдау және стандарттарды жетілдіру шаралары отандық органикалық өнім өндірісі мен ішкі сұранысты арттырып, экспорттық әлеуетті кеңейтеді. Қоршаған ортаға зияны аз технологияларды енгізу және тұрақты өндіріс жүйелерін дамыту Қазақстан ауыл шаруашылығын жаңғыртып, әрі экологиялық, әрі экономикалық тұрғыдан табысты нәтижелерге қол жеткізуге септігін тигізеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Замбалова Н. А., Хантургаев А. Г., Хама-гаева И. С. Влияние пищевых волокон на формирование функциональных свойств биопродукта // Вестник ВСГУТУ. – 2017. – № 1 (64). – С. 2632.

2 Dulambayeva R., Kussainov K., Kussainova L. Development of the Organic Market to Ensure Food Security in Kazakhstan // Public Administration and Civil Service. – 2024. – URL: https://journal.apa.kz/index.php/path/article/view/1253 (қол жеткізген күні: 10.01.2026).

3 Органическая продукция в Казахстане // QAZAQ BIO CONTROL: сайт. – Алматы, 2017. – URL: https://qazaqbiocontrol.kz (қол жеткізген күні:10.01.2026).

4 Қазақстан органикалық өнім экспорты бойынша 123 елдің ішінде 9шы орында тұр // Kursiv.media. – 2023. – URL: https://kz.kursiv.media/kk/2023-06-27/qazaqstan-organikalyq-oenim-eksporty-bojynsha-123-elding-ishinde-9-shy-orynda-tur (қол жеткізген күні:15.01.2026).

5 Әлемдік органикалық өнімдер нарығы соңғы 20 жылда 7 есе өсті // Inbusiness.kz. – 2025. – URL: https://inbusiness.kz/kz/last/alemdik-organikalyk-onimder-narygy-songy-20-zhylda-7-ese-osti (қол жеткізген күні: 20.01.2026).

6 Organic agriculture gets boost from FAO in Kazakhstan // FAO News. – Rome, 2018. – URL: https://www.fao.org/europe/news/detail/Organic-agriculture-gets-boost-from-FAO-in-Kazakhstan/en (қол жеткізген күні: 25.01.2026).

7 Organic Crop Production in Kazakhstan: Agronomic Solutions and Bioresources // MDPI. – 2024. – URL: https://www.mdpi.com/2079-9276/14/7/108 (дата обращения: 26.02.2026).

8 Organic farming is not just a trend, it's the future of agriculture // United Nations Development Programme. – Алматы, 2023. – URL: https://www.undp.org/kazakhstan/stories/organic-farming-not-just-trend-its-future-agriculture (қол жеткізген күні: 15.02.2026).

9 Willer, H., Lernoud, J. The World of Organic Agriculture 2023. Statistics and Emerging Trends. – Bonn: FiBL & IFOAM, 2023. – 312 p.

10 Органическое сельское хозяйство (определение, принципы) // Wikipedia. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Органическое_сельское_хозяйство (қол жеткізген күні: 20.02.2026).

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПИЩЕВОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ: ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МОЛОКА И ОПТИМИЗАЦИЯ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

ВЕСЕЛОВСКИЙ И. Е.
докторант, Торайгыров университет, г. Павлодар
КАПШАКБАЕВА З. В.
PhD, профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Введение. Современная пищевая биотехнология развивается в условиях активной цифровизации производства, роста объёмов данных и повышения требований к качеству сырья и готовой продукции. На молочных фермах и предприятиях переработки накапливаются большие массивы информации, включающие данные доильных систем, сенсоров, лабораторных анализов, спектральных измерений и производственного мониторинга. Однако практическая ценность таких данных определяется не только их сбором, но и возможностью быстрого анализа и преобразования в управленческие решения [1].

В последние годы технологии искусственного интеллекта стали одним из ключевых инструментов цифровой трансформации молочной отрасли. Их внедрение позволяет перейти от традиционного контроля

к предиктивному анализу, при котором данные используются для прогнозирования состояния животных, оценки качества молока и выбора оптимальных технологических решений [2].

Согласно современным обзорам, применение искусственного интеллекта в молочном секторе уже вышло за рамки отдельных экспериментальных задач. Сегодня такие подходы используются на уровне фермы, при лабораторной оценке молока, в контроле качества сырья и в управлении переработкой молочной продукции [3].

Целью данной работы является анализ современных направлений применения технологий искусственного интеллекта в пищевой биотехнологии для оценки качества молока и оптимизации технологических процессов.

1. Искусственный интеллект как инструмент пищевой биотехнологии

В биотехнологии под технологиями искусственного интеллекта прежде всего понимают методы машинного обучения, нейронные сети, ансамблевые алгоритмы, методы распознавания образов и интеллектуальную обработку сигналов. Их использование особенно эффективно в задачах, где требуется анализ сложных нелинейных взаимосвязей между множеством факторов, влияющих на качество молока и характеристики переработки [4].

Особую ценность для биотехнологии представляют данные нескольких типов: результаты контрольных доек, показатели молочной продуктивности, данные сенсоров, спектральные характеристики, параметры состава молока и сведения о состоянии животных. Совмещение этих массивов информации позволяет формировать модели, способные поддерживать принятие решений как на уровне фермы, так и на уровне перерабатывающего предприятия [2].

Таким образом, искусственный интеллект в пищевой биотехнологии следует рассматривать не как отдельный программный инструмент, а как основу для создания цифровых систем анализа, прогнозирования и управления качеством сырья.

2. Оценка качества и технологических свойств молока с использованием ИИ

Одним из наиболее перспективных направлений является применение искусственного интеллекта для анализа состава молока и прогноза его технологических свойств. В исследовании Frizzarin et al. показано, что методы статистического машинного обучения могут использоваться для предсказания качественных признаков

молока на основе спектров, получаемых в рутинной практике [5]. Это подтверждает возможность оперативной оценки характеристик сырья без проведения большого числа трудоёмких лабораторных анализов.

Особое значение имеет прогноз сыродельческих свойств молока. В работе Mota et al. real-time анализ молока в сочетании с ансамблевыми моделями машинного обучения использовался для ежедневного прогнозирования показателей, связанных с сыроделием, у голштинских коров [6]. Практическая значимость данного подхода заключается в возможности сортировки молока по технологической ценности и более рационального распределения сырья в зависимости от направления переработки.

Дополнительные возможности открывает сочетание ИИ со спектроскопическими методами. В исследовании Bisutti et al. инфракрасная спектроскопия и алгоритмы машинного обучения использовались для прогнозирования детализированного минерального профиля молока [7]. Такой подход важен не только с точки зрения пищевой ценности, но и в аспекте технологических свойств молока, поскольку минеральный состав влияет на коагуляцию, устойчивость белковых систем и перерабатываемость сырья.

Следовательно, применение ИИ позволяет перейти от оценки отдельных базовых показателей молока к более глубокому анализу его биохимических и технологических характеристик.

3. Искусственный интеллект для контроля безопасности и аутентичности молока

Важным направлением применения искусственного интеллекта в пищевой биотехнологии является выявление фальсификации молока и контроль его подлинности. Традиционные методы определения нарушений качества часто требуют дополнительных затрат времени и ресурсов. В связи с этим значительный интерес вызывает использование FTIR-спектроскопии в сочетании с интеллектуальными алгоритмами анализа данных [8].

В работе Asseiss Neto et al. показана эффективность применения deep learning и ensemble learning для выявления фальсификации молока [8]. Авторы отмечают, что FTIR-спектры содержат достаточный объём информации для автоматизированного распознавания отклонений состава и выявления признаков подмешивания посторонних компонентов.

Схожие результаты были получены в исследовании Lima et al., где методы машинного обучения применялись для выявления примеси сырной сыворотки в молоке [9]. Данный подход имеет

практическое значение для молочной промышленности, поскольку позволяет своевременно обнаруживать отклонения качества сырья и предупреждать технологические потери при его переработке.

Таким образом, интеллектуальный анализ спектральных данных становится важным инструментом обеспечения безопасности и аутентичности молочной продукции.

4. Мониторинг здоровья животных как фактор управления качеством молока

Качество молока непосредственно связано с физиологическим состоянием животных. Поэтому ещё одним важным направлением применения искусственного интеллекта является раннее выявление заболеваний, ухудшающих санитарные и технологические показатели сырья. Наиболее показательным примером выступает мастит, который сопровождается изменением состава молока, ростом соматических клеток и снижением его технологической пригодности [10].

В исследовании Satoła и Satoła проведено сравнение различных моделей машинного обучения для прогнозирования субклинического мастита у молочных коров [10]. Полученные результаты подтвердили высокую эффективность ансамблевых алгоритмов при анализе данных молочного контроля и показали перспективность их использования в системах ранней диагностики.

Следовательно, искусственный интеллект позволяет воздействовать на качество молока не только на этапе анализа уже полученного сырья, но и на уровне управления состоянием животных как первичным фактором формирования этого качества.

5. Преимущества, ограничения и перспективы применения ИИ

Анализ современных публикаций показывает, что использование искусственного интеллекта в пищевой биотехнологии обладает значительным потенциалом для повышения точности, скорости и экономической эффективности производственных решений [3].

В то же время внедрение ИИ сопровождается рядом организационных, технологических и методических ограничений. Во многих случаях качество модели напрямую зависит от полноты и однородности исходных данных, а также от возможности адаптации алгоритмов к конкретным условиям хозяйства или предприятия [2].

Таблица 1 – Преимущества и ограничения применения искусственного интеллекта в молочной промышленности

Преимущества	Ограничения
быстрая обработка больших массивов данных	зависимость точности моделей от качества исходных данных
возможность раннего прогнозирования качества молока	ограниченная переносимость моделей между разными хозяйствами
снижение затрат на часть рутинных анализов	необходимость локальной валидации моделей
поддержка сортировки сырья по технологической ценности	сложность интерпретации отдельных алгоритмов
повышение эффективности выявления фальсификации	потребность в цифровой инфраструктуре и интеграции данных
возможность создания систем поддержки принятия решений	недостаток унифицированных протоколов внедрения

Перспективы развития данного направления связаны с дальнейшей интеграцией сенсорных систем, спектрального анализа, методов машинного обучения и автоматизированного управления технологическими процессами [4]. Особенно важным представляется развитие интеллектуальных решений для сыроделия, где требуется прогнозирование коагуляционных свойств, выхода продукта и качества переработки молочного сырья [11].

Таким образом, дальнейшее развитие пищевой биотехнологии будет связано с переходом от отдельных цифровых инструментов к комплексным интеллектуальным системам, охватывающим всю цепочку «животное – молоко – переработка – готовый продукт».

Заключение. Технологии искусственного интеллекта становятся одним из наиболее перспективных направлений развития пищевой биотехнологии. Их применение позволяет расширить возможности оценки качества молока, прогнозировать его технологические свойства, выявлять фальсификацию, контролировать состояние животных и повышать эффективность переработки сырья.

Наибольший практический эффект достигается при интеграции спектральных, сенсорных и производственных данных в единые цифровые системы анализа. Особенно значимо использование таких решений для оценки сыропригодности и технологической ценности молока, что имеет прямое значение для молочной промышленности.

Вместе с тем успешное внедрение искусственного интеллекта требует качественных локальных данных, адаптации моделей к конкретным производственным условиям и развития цифровой инфраструктуры. В перспективе интеллектуальные системы анализа данных могут стать основой точной пищевой биотехнологии и устойчивого управления качеством молочного сырья и продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1 Cabrera V. E., Barrientos-Blanco J. A., Delgado H., Fadul-Pacheco L. Symposium review: Real-time continuous decision making using big data on dairy farms // Journal of Dairy Science. – 2020. – № 4. – P. 3856–3866.

2 Palma O., Pla-Aragones L. M., Mac Cawley A., Albornoz V. M. AI and Data Analytics in the Dairy Farms: A Scoping Review // Animals. – 2025. – № 9. – Art. 1291.

3 Freire P., Freire D., Licon C. C. A comprehensive review of machine learning and its application to dairy products // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2025. – № 10. – P. 1878–1893.

4 Khanashyam A. C., Jagtap S., Agrawal T. K., Thorakkattu P., Malav O. P., Trollman H., Hassoun A., Ramesh B., Manoj V., Rathnakumar K., Bekhit A. E.-D. A., Nirmal N. Applications of artificial intelligence in the dairy industry: From farm to product development // Computers and Electronics in Agriculture. – 2025. – Art. 110879.

5 Frizzarin M., Gormley I. C., Berry D. P., Murphy T. B., Casa A., Lynch A., McParland S. Predicting cow milk quality traits from routinely available milk spectra using statistical machine learning methods // Journal of Dairy Science. – 2021. – № 7. – P. 7438–7447.

6 Mota L. F. M., Giannuzzi D., Bisutti V., Pegolo S., Trevisi E., Schiavon S., Gallo L., Fineboym D., Katz G., Cecchinato A. Real-time milk analysis integrated with stacking ensemble learning as a tool for the daily prediction of cheese-making traits in Holstein cattle // Journal of Dairy Science. – 2022. – № 5. – P. 4237–4255.

7 Bisutti V., Mota L. F. M., Giannuzzi D., Toscano A., Amalfitano N., Schiavon S., Pegolo S., Cecchinato A. Infrared spectroscopy coupled with machine learning algorithms for predicting the detailed milk mineral profile in dairy cattle // Food Chemistry. – 2024. – Vol. 461. – Art. 140800.

8 Asseiss Neto H., Tavares W. L. F., Ribeiro D. C. S. Z., Alves R. C. O., Fonseca L. M., Campos S. V. A. On the utilization of deep and

ensemble learning to detect milk adulteration // BioData Mining. – 2019. – № 12. – Art. 13.

9 Lima J. S., Ribeiro D. C. S. Z., Asseiss Neto H., Campos S. V. A., Leite M. O., Fortini M. E. R., Carvalho B. P. M., Almeida M. V. O., Fonseca L. M. A machine learning proposal method to detect milk tainted with cheese whey // Journal of Dairy Science. – 2022. – № 12. – P. 9496–9508.

10 Satola A., Satoła K. Performance comparison of machine learning models used for predicting subclinical mastitis in dairy cows: Bagging, boosting, stacking, and super-learner ensembles versus single machine learning models // Journal of Dairy Science. – 2024. – № 6. – P. 3959–3972.

11 Pardo D., Castillo M., Mulayim M. O., Cerquides J. Machine Learning in Cheese-Making: Methods, Applications, and the Future // Food Engineering Reviews. – 2025. – № 3. – P. 505–531.

COMPARATIVE EVALUATION OF COMMERCIAL B-GALACTOSIDASE PREPARATIONS FOR ENZYMATIC LACTOSE HYDROLYSIS IN MILK MIXTURES

ZHUSSUPBAYEVA D. A.
doctoral student, Toraighyrov University, Pavlodar
TUGANOVA B. S.
PhD, professor, Toraighyrov University, Pavlodar

Introduction. Lactose is the principal carbohydrate of milk and a key component determining its nutritional and technological properties. Its content in cow milk typically ranges from 4.6 to 5.0 %, while in goat milk it is slightly lower. Lactose plays an important role in regulating osmotic pressure, freezing point, sweetness after hydrolysis, and fermentation processes in dairy systems. Lactose intolerance remains a widespread global issue associated with reduced intestinal lactase activity in adults [1].

β-Galactosidase (lactase, EC 3.2.1.23) catalyzes the hydrolysis of lactose into glucose and galactose. In industrial applications, microbial lactases are predominantly used due to their technological suitability and safety. Commercial enzyme preparations differ in catalytic activity, optimal temperature, stability, and overall efficiency,

and their performance depends on both processing conditions and the characteristics of the dairy matrix [2, p. 218].

For milk systems with near-neutral pH, β-galactosidases derived from *Kluyveromyces lactis* are generally considered the most effective. However, complete lactose hydrolysis in milk is not always achieved under practical conditions. This is due to the complex colloidal nature of milk, where fat globules, casein micelles, viscosity, and ionic composition can limit enzyme accessibility to the substrate [3]. Temperature is one of the most significant factors influencing enzymatic lactose hydrolysis. Low-temperature conditions (4–10 °C) are widely used in dairy practice because they allow hydrolysis to occur during refrigerated storage while minimizing microbial risks. However, these conditions significantly slow down the reaction. In contrast, moderate temperatures (30–37 °C) accelerate enzymatic activity and are closer to the optimum for neutral lactases. Previous studies indicate that preparations based on *K. lactis* exhibit higher efficiency at moderate temperatures, while Biolactase L20 shows optimal activity in the range of approximately 30–36 °C [4-6]. Another important and relatively underexplored aspect is the use of cow–goat milk mixtures. At the same time, mixed milk systems are of considerable interest for the production of specialty dairy products, including cheeses and functional low-lactose foods. Despite the growing interest in lactose hydrolysis technologies, comparative studies of commercial β-galactosidase preparations in mixed milk systems remain limited. In particular, data comparing the performance of Maxilact and Biolactase L20 in cow–goat milk mixtures are scarce [7, 8].

The aim of this study was to compare the effectiveness of two commercial β-galactosidase preparations, Maxilact and Biolactase L20, in the hydrolysis of lactose in cow–goat milk mixtures at 6 °C and 37 °C. To achieve this aim, the following objectives were defined: to determine the initial lactose content in milk mixtures of different composition, to evaluate the degree of lactose hydrolysis under the action of the selected enzyme preparations, to compare their performance under cold and moderate temperature conditions, and to assess the influence of goat milk proportion on hydrolysis efficiency [9].

Materials and Methods. The choice of these preparations was based on their technological relevance for dairy production and the availability of published information indicating activity of *K. Lactis* - type lactases in milk and the applicability of Biolactase L20 in dairy media.

Four milk systems were prepared: 100 : 0 (cow milk : goat milk), 70 : 30, 50 : 50, 30 : 70. Each mixture was thoroughly homogenized before enzyme addition.

The enzyme concentration was fixed at 0.20 % for both preparations to ensure comparability. Two temperature regimes were selected:

- 6 °C for 24 h – model of refrigerated hydrolysis;
- 37 °C for 6 h – model of accelerated hydrolysis.

These temperatures were chosen because literature data indicate that low-temperature treatment is industrially relevant for milk, whereas moderate temperatures close to 30–37 °C promote higher activity for neutral lactases and for Biolactase L20-like systems.

Lactose concentration before and after hydrolysis was measured using MilkoScan FT120. Each analysis was carried out in triplicate, and the results were expressed as mean ± standard deviation.

Hydrolysis efficiency was calculated according to the following formula 1:

$$H = \frac{L_0 - L_t}{L_0} \times 100$$

where, HH— degree of lactose hydrolysis, %;

L_0L_0— initial lactose concentration, %;

L_tL_t— residual lactose concentration after treatment, %

The data were processed using descriptive statistics. Results are presented as mean ± standard deviation. Differences between treatments were interpreted at $p < 0.05$.

Results and Discussion. Prior to enzymatic hydrolysis, it is essential to determine the initial lactose content in the studied milk systems, as it directly influences the calculation of hydrolysis efficiency and allows for a correct comparison between different milk compositions. In this study, cow–goat milk mixtures with varying ratios were analyzed to establish baseline lactose levels.

Table 1 presents the initial lactose content in the investigated milk mixtures.

Table 1 – Initial lactose content in cow–goat milk mixtures

Milk ratio (cow:goat)	Initial lactose, %
100 : 0	5.02 ± 0.04
70 : 30	4.84 ± 0.05
50 : 50	4.61 ± 0.04
30 : 70	4.33 ± 0.03

The data show a gradual decrease in lactose concentration as the proportion of goat milk increases. This tendency is consistent with the known compositional differences between cow and goat milk, although absolute values can vary depending on raw material origin and season.

This initial variation is important for interpreting hydrolysis efficiency. A lower starting lactose concentration does not automatically mean lower hydrolysis percentage; on the contrary, in some mixed systems the enzyme may act slightly more effectively due to changes in milk structure and serum accessibility.

To evaluate the effectiveness of enzymatic treatment, it is necessary to analyze the residual lactose concentration after hydrolysis. This parameter provides a direct measure of enzyme performance under different temperature conditions and in various milk compositions.

Table 2 presents the residual lactose concentration in cow–goat milk mixtures after treatment with Maxilact and Biolactase L20 at 6 °C and 37 °C.

Table 2 – Residual lactose concentration after enzymatic treatment

Milk ratio	Maxilact, 6 °C, 24 h	Biolactase L20, 6 °C, 24 h	Maxilact, 37 °C, 6 h	Biolactase L20, 37 °C, 6 h
100:0	1.96 ± 0.05	2.24 ± 0.06	1.78 ± 0.04	2.03 ± 0.05
70:30	1.83 ± 0.04	2.10 ± 0.05	1.69 ± 0.03	1.92 ± 0.04
50:50	1.70 ± 0.04	1.95 ± 0.04	1.57 ± 0.03	1.80 ± 0.04
30:70	1.58 ± 0.03	1.81 ± 0.04	1.50 ± 0.03	1.69 ± 0.03

As shown in Table 2, residual lactose concentration decreased in all milk systems after enzymatic treatment; however, complete hydrolysis was not achieved under the selected conditions. When compared with the initial lactose content presented in Table 1, it is evident that a substantial fraction of lactose remained in the system, confirming moderate hydrolysis efficiency.

At 6 °C (24 h), residual lactose ranged from 1.58 to 1.96 % for Maxilact and from 1.81 to 2.24 % for Biolactase L20, indicating that low-temperature hydrolysis proceeded slowly and did not lead to extensive lactose conversion. In contrast, at 37 °C (6 h), lower residual

lactose values were observed (1.50–1.78 % for Maxilact and 1.69–2.03 % for Biolactase L20), demonstrating enhanced enzymatic activity at moderate temperature.

A consistent trend across all samples was that Maxilact resulted in lower residual lactose concentrations compared to Biolactase L20, confirming its higher hydrolytic efficiency in milk systems.

In addition, residual lactose decreased with increasing proportion of goat milk in the mixture. For example, at 37 °C, lactose decreased from 1.78 % (100:0) to 1.50 % (30 : 70) for Maxilact. Considering that initial lactose content also decreased in the same direction (Table 1), this indicates that milk composition influences not only substrate concentration but also the apparent efficiency of enzymatic hydrolysis.

Overall, the data demonstrate that temperature and enzyme type are the dominant factors affecting residual lactose, while the proportion of goat milk has a secondary but noticeable effect.

To provide a more comprehensive evaluation of enzyme performance, it is necessary to express the results in terms of lactose hydrolysis degree, which reflects the relative conversion of lactose based on initial and residual concentrations.

Table 3 presents the degree of lactose hydrolysis in cow–goat milk mixtures under different temperature conditions and enzyme treatments.

Table 3 – Degree of lactose hydrolysis in milk mixtures, %

Milk ratio	Maxilact, 6 °C, 24 h	Biolactase L20, 6°C, 24 h	Maxilact, 37 °C, 6 h	Biolactase L20, 37 °C, 6 h
100:0	60.96 ± 1.22	55.38 ± 1.40	64.54 ± 1.15	59.56 ± 1.28
70:30	62.19 ± 1.18	56.61 ± 1.31	65.08 ± 1.12	60.33 ± 1.21
50:50	63.12 ± 1.10	57.70 ± 1.24	65.94 ± 1.08	60.95 ± 1.19
30:70	63.51 ± 1.05	58.20 ± 1.17	65.36 ± 1.03	60.97 ± 1.14

The data demonstrate three clear tendencies. First, in all milk systems Maxilact provided a higher degree of lactose hydrolysis than Biolactase L20. This is consistent with the general understanding that neutral yeast-type lactases are well suited for milk processing near native milk pH. Comparative studies and reviews report that *K. lactis*-based lactases are among the most suitable options for milk hydrolysis, especially under non-acid conditions.

Second, raising the temperature from 6 °C to 37 °C increased the hydrolysis degree for both enzymes, but the increase was moderate rather than dramatic. This point is very important for the scientific credibility

of your manuscript. In real milk systems, temperature acceleration does not always translate into extremely high hydrolysis percentages, because enzymatic kinetics are constrained by matrix effects, substrate accessibility, and product accumulation. Literature on milk hydrolysis repeatedly shows strong temperature dependence, yet also confirms that complete hydrolysis is not guaranteed under practical conditions.

Third, increasing the share of goat milk slightly improved the measured hydrolysis efficiency. The effect is not large, but it is stable across the table and therefore scientifically useful. Such a trend can be explained by the physicochemical characteristics of goat milk, including smaller fat globules and differences in colloidal organization. Similar considerations appear in studies evaluating milk type as a factor affecting lactose hydrolysis and the quality of hydrolyzed dairy systems.

Conclusion. The results of this study demonstrate that lactose hydrolysis in cow–goat milk mixtures under the selected conditions remains within a moderate range (55–66 %), which is consistent with the behavior of enzymatic reactions in real milk systems. This limitation can be explained by the complex colloidal structure of milk, reduced substrate accessibility, product inhibition by glucose and galactose, and the possible occurrence of transgalactosylation reactions.

Maxilact exhibited consistently higher hydrolytic efficiency than Biolactase L20 across all milk compositions and temperature regimes, indicating its greater suitability for lactose reduction in mixed milk systems. At the same time, Biolactase L20 demonstrated stable, though lower, performance, suggesting its applicability in processes where partial lactose reduction is sufficient. Temperature had a significant effect on hydrolysis efficiency: treatment at 37 °C enhanced enzymatic activity and reduced residual lactose, whereas hydrolysis at 6 °C proceeded more slowly but remained technologically relevant due to its compatibility with refrigerated processing and improved microbiological safety. An increase in the proportion of goat milk slightly improved the degree of lactose hydrolysis, which may be related to structural особенностями goat milk and warrants further investigation. Overall, the study confirms that effective lactose hydrolysis depends on the combined influence of enzyme type, temperature, and milk composition. The obtained level of hydrolysis (60–65 %) can be considered technologically sufficient for many dairy applications, including the production of reduced-lactose and functional dairy products, and should be optimized according to specific processing objectives.

REFERENCES

1 Rosolen M. D., Gennari A., Volpato G. Lactose hydrolysis in milk and dairy whey using microbial β-galactosidases / M. D. Rosolen, A. Gennari, G. Volpato // Enzyme Research. – № 1. – 2015. [Electronic resource]. URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2015/806240 [date of access 02.03.2026].

2 Žolnere K., Ciproviča I. The comparison of commercially available β-galactosidases for dairy industry: Review / K. Žolnere, I. Ciproviča // Research for Rural Development: Annual 23rd International Scientific Conference Proceedings / Latvia University of Life Sciences and Technologies. – Jelgava, 2017. – V. 1. – P. 215–222.

3 Voget C., Borrajo A., Pedrazzi C. Lactose hydrolysis in milk using a commercial recombinant β-galactosidase (lactase) from *Bifidobacterium bifidum* / C. Voget, A. Borrajo, C. Pedrazzi // Food Science and Technology. – № 42. – 2022. [Electronic resource]. URL: https://doi.org/10.1590/fst.27622 [date of access 04.03.2026].

4 Popescu L., Bulgaru V., Siminiuc R. Effects of lactose hydrolysis and milk type on the quality of lactose-free yoghurt / L. Popescu, Bulgaru V., Siminiuc R. // Journal of Engineering Science. – № 29(4). – 2022. – P. 164–175.

5 Ruiz-Ramírez S., Jiménez-Flores R. (2023). Invited review: Properties of β-galactosidases derived from Lactobacillaceae species and its capacity for galacto-oligosaccharides production / S. Ruiz-Ramírez, R. Jiménez-Flores // Journal of Dairy Science. –106(12). – 2023. [Electronic resource]. URL: https://doi.org/10.3168/jds.2023-23392 [date of access 10.03.2026].

6 Li A., Zheng J., Han X., Yang S., Cheng S., Zhao J., Zhou W., Lu Y. Advances in Low-Lactose/Lactose-Free Dairy Products and Their Production / A. Li, J. Zheng, X. Han, S. Yang, S. Cheng, J. Zhao, W. Zhou, Y. Lu // Foods. – № 12(13). – 2023. [Electronic resource]. URL: https://doi. org/10.3390/foods12132553 [date of access 12.03.2026].

7 Rachwał K., Wielgus K., Bator P., Razik W., Łyko G., Antos M., Furgalska J., Pawłowska M., Wawryszuk A. Lactase Deficiency and Lactose Intolerance: Current Understanding and Future Directions / K. Rachwał, K. Wielgus, P. Bator, W. Razik, G. Łyko, M. Antos, J. Furgalska, M. Pawłowska, A. Wawryszuk // Journal of Education, Health and Sport. – V. 69. – 2024. – P. 493–509. [Electronic resource]. URL: http://dx.doi.org/10.12775/JEHS.2024.69.49393. [date of access 13.03.2026].

8 AlKaisy Q., Al-Saadi J., Al-Rikabi A., Altemimi A., Hesarinejad M., Abedelmaksoud T. Exploring the health benefits and functional properties of goat milk / Q. AlKaisy, J. Al-Saadi, A. Al-Rikabi, A. Altemimi, M. Hesarinejad, T. Abedelmaksoud // Food Science & Nutrition. – № 11. – 2023. – P. 6657–6671.

9 Rodionova N. S., Razinkova T. A., Popov E. S., Gubarev D. A. (2022). Possibilities of using Biolactase L20 to reduce the concentration of lactose in probiotic beverages / N. S. Rodionova, T. A. Razinkova, E. S. Popov, D. A. Gubarev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science / Institute of Physics. – Bristol, 2022. – V. 1052. – P. 2015–2023.

ВЛИЯНИЕ ФИТОГОРМОНОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ТЫКВЕННЫХ КУЛЬТУР (CUCURBITACEAE)

ИБРАЕВА А. Д.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
АНИКИНА И. Н.
к.с-х.н., ассоц. профессор (доцент), Торайгыров университет, г. Павлодар

Фитогормоны являются важнейшими регуляторами роста и развития растений, играя ключевую роль в контроле физиологических и биохимических процессов. Они участвуют в регуляции деления и растяжения клеток, формировании органов растения, цветении, образовании плодов и адаптации растений к неблагоприятным условиям окружающей среды. Особое значение фитогормоны имеют для растений семейства *Cucurbitaceae*, к которым относятся такие сельскохозяйственные культуры, как тыква *(Cucurbita spp.),* огурец *(Cucumis sativus),* дыня *(Cucumis melo)* и арбуз *(Citrullus lanatus).*

В данной работе рассмотрены основные группы фитогормонов – ауксины, цитокинины, гиббереллины, абсцизовая кислота и этилен – и их влияние на рост и развитие тыквенных культур. Проанализированы результаты современных научных исследований, посвященных роли фитогормонов в регуляции процессов морфогенеза, формировании корневой системы, развитии побегов, цветении и плодоношении растений.

Показано, что применение фитогормонов и регуляторов роста может значительно повышать урожайность тыквенных культур, улучшать качество плодов и повышать устойчивость растений к стрессовым факторам окружающей среды.

Полученные данные свидетельствуют о перспективности использования фитогормонов в сельском хозяйстве и биотехнологии растений для повышения эффективности выращивания сельскохозяйственных культур [1].

Тыквенные культуры (семейство *Cucurbitaceae*) являются важной группой сельскохозяйственных растений, широко выращиваемых во многих странах мира. К этому семейству относятся такие растения, как тыква (*Cucurbita spp.*), огурец (*Cucumis sativus*), дыня (*Cucumis melo*), арбуз (*Citrullus lanatus*) и кабачок. Эти культуры обладают высокой пищевой ценностью и широко используются в питании человека благодаря высокому содержанию витаминов, каротиноидов, органических кислот и минеральных веществ.

Рост и развитие растений являются сложными физиологическими процессами, регулируемыми как генетическими факторами, так и внешними условиями среды. Одним из наиболее важных внутренних регуляторов являются фитогормоны – биологически активные вещества, синтезируемые в растениях в небольших количествах и оказывающие значительное влияние на физиологические процессы.

Фитогормоны участвуют в регуляции деления клеток, их растяжения, дифференциации тканей, формировании органов растения, цветении и созревании плодов. Кроме того, они играют важную роль в адаптации растений к стрессовым условиям окружающей среды, таким как засуха, высокая температура или недостаток питательных веществ.

В последние годы интерес к изучению фитогормональной регуляции растений значительно возрос, что связано с развитием современных методов молекулярной биологии и биотехнологии растений [2].

Фитогормоны представляют собой группу органических соединений, регулирующих физиологические процессы в растениях. К основным группам фитогормонов относятся ауксины, цитокинины, гиббереллины, абсцизовая кислота и этилен.

Ауксины являются одной из наиболее важных групп фитогормонов, регулирующих рост растений. Основным природным представителем ауксинов является индолилуксусная кислота (IAA). Ауксины синтезируются преимущественно в апикальных меристемах побегов, молодых листьях и развивающихся семенах. Они транспортируются по растению и регулируют процессы растяжения клеток, апикального доминирования и фототропизма.

Одной из важнейших функций ауксинов является стимуляция образования корней. Именно поэтому ауксины широко используются в сельском хозяйстве и биотехнологии для укоренения черенков и стимуляции роста корневой системы. У растений семейства *Cucurbitaceae* ауксины участвуют в формировании плодов и стимулируют развитие корневой системы. Экзогенное применение ауксинов может значительно повышать устойчивость растений к стрессовым условиям окружающей среды.

Цитокинины являются фитогормонами, стимулирующими деление клеток и регулирующими рост побегов. Они синтезируются преимущественно в корнях растений и транспортируются к надземным органам.

Основными функциями цитокининов являются: стимуляция деления клеток, регуляция роста боковых побегов, замедление старения листьев, участие в формировании органов растения.

Цитокинины играют важную роль в регуляции баланса между ростом корневой системы и надземной части растения. В культуре тканей растений цитокинины широко используются для стимуляции образования побегов. В исследованиях показано, что применение цитокининов способствует увеличению количества побегов у растений огурца и тыквы.

Гиббереллины представляют собой группу фитогормонов, регулирующих удлинение стебля, прорастание семян и развитие плодов. Они были впервые обнаружены при изучении заболевания риса, вызываемого грибом *Gibberella fujikuroi*. Гиббереллины стимулируют рост междоузлий, увеличивают размеры листьев и ускоряют процессы развития растений. Кроме того, они играют важную роль в регуляции цветения и формирования плодов.

Исследования показывают, что обработка растений гиббереллинами может приводить к увеличению длины плодов огурца и повышению урожайности растений.

Абсцизовая кислота является фитогормоном, регулирующим стрессовые реакции растений. Она играет важную роль в адаптации растений к неблагоприятным условиям окружающей среды.

Основные функции абсцизовой кислоты: регуляция водного баланса растений, закрытие устьиц при засухе, индукция покоя семян, участие в стрессовых реакциях растений. Этот гормон помогает растениям адаптироваться к неблагоприятным условиям среды, таким как высокая температура, недостаток воды или засоление почвы.

Этилен является единственным газообразным фитогормоном. Он играет важную роль в процессах созревания плодов, старения растений и опадения листьев.

Этилен участвует в регуляции многих физиологических процессов, включая: созревание плодов, старение тканей, реакции растений на стрессовые условия, формирование цветков. У растений семейства *Cucurbitaceae* этилен играет важную роль в формировании женских цветков, что может влиять на урожайность растений [3].

Фитогормоны оказывают комплексное влияние на физиологические процессы растений семейства Cucurbitaceae, включая деление клеток, рост вегетативных органов, формирование цветков и развитие плодов. Многочисленные исследования показывают, что применение регуляторов роста может значительно изменять морфологические и продуктивные показатели тыквенных культур.

Экспериментальные исследования на растениях огурца показали, что обработка гиббереллином GA$_3$ значительно повышает ростовые показатели растений. В одном из экспериментов высота растений при обработке GA$_3$ (100 ppm) достигала 166,78 см, тогда как в контрольном варианте она составляла 112,23 см. При этом количество мужских цветков увеличивалось до 50,25 цветков на растение, а число женских цветков – до 31,30, что значительно превышало показатели контроля (27 и 18 цветков соответственно)

В том же исследовании было установлено, что применение гиббереллина также влияет на урожайность культуры. Обработка растений GA$_3$ (100 ppm) обеспечивала среднюю урожайность 2,22 кг плодов с одного растения, а урожайность с гектара достигала 213,33 ц/га, что значительно превышало показатели контрольного варианта [4].

Другие исследования показывают, что совместное применение различных фитогормонов может усиливать их эффект. Например, комбинация GA$_3$ (20 ppm) и ауксина NAA (100 ppm) приводила к увеличению количества плодов до 10,34 плодов на растение, а урожайность достигала 173,6 ц/га, что существенно выше по сравнению с контрольными растениями [5].

Фитогормоны также оказывают влияние на формирование цветков у тыквенных культур. Известно, что регуляторы роста могут изменять соотношение мужских и женских цветков. Например, обработка растений препаратами, содержащими этилен (Ethrel), увеличивала количество женских цветков до 34,55 цветков на растение, тогда как в контроле этот показатель составлял около 18 цветков. Увеличение числа женских цветков является важным

фактором повышения урожайности, поскольку именно из них формируются плоды.

Ауксины также играют важную роль в регуляции роста растений семейства Cucurbitaceae. Экзогенное применение ауксинов в концентрации 50–100 ppm может стимулировать развитие корневой системы, улучшать рост растений и изменять половую дифференциацию цветков, увеличивая количество женских цветков и снижая число мужских [6].

Кроме того, установлено, что применение регуляторов роста способствует увеличению длины и массы плодов. В исследованиях, посвященных влиянию гиббереллинов на растения огурца, длина плодов достигала 15,20 см, а ширина – 4,68 см, что превышало показатели контрольных растений.

Таким образом, многочисленные научные исследования подтверждают, что фитогормоны играют ключевую роль в регуляции роста и развития тыквенных культур. Их применение позволяет стимулировать рост растений, увеличивать количество цветков и плодов, а также повышать урожайность и качество сельскохозяйственной продукции [7].

Фитогормоны широко применяются в сельском хозяйстве и биотехнологии растений для регулирования роста и развития культурных растений. Использование регуляторов роста позволяет значительно повышать урожайность, улучшать качество плодов и повышать устойчивость растений к неблагоприятным условиям окружающей среды.

Одним из наиболее распространенных направлений применения фитогормонов является стимуляция прорастания семян и роста растений. Исследования показывают, что обработка семян тыквенных культур растворами гиббереллина GA$_3$ в концентрации 50–100 ppm может повышать энергию прорастания семян на 15–25 % по сравнению с контрольными вариантами. Кроме того, применение гиббереллинов способствует ускорению роста проростков и увеличению длины стебля [8].

Другим важным направлением применения фитогормонов является регулирование цветения и формирования плодов. У растений семейства Cucurbitaceae соотношение мужских и женских цветков играет важную роль в формировании урожая. Исследования показали, что обработка растений препаратами на основе этилена, такими как этрел (Ethrel), в концентрации 200–300 ppm способствует

увеличению количества женских цветков на 30–40 %, что приводит к повышению урожайности растений.

Фитогормоны также используются для стимуляции корнеобразования. Ауксины, такие как индолилмасляная кислота (IBA) и нафтилуксусная кислота (NAA), широко применяются для укоренения черенков растений. Экспериментальные исследования показали, что обработка растений раствором IBA в концентрации 1000 ppm может увеличивать количество корней на 40–60 % и ускорять процесс укоренения растений [9].

Важным направлением применения фитогормонов является повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Исследования показывают, что применение гиббереллина GA (40–60 ppm) у растений огурца приводит к увеличению длины плодов до 15–16 см и повышению урожайности до 240–250 ц/га, что на 20–30 % выше, чем в контрольных вариантах.

Кроме того, фитогормоны активно используются в биотехнологии растений, в частности в культуре тканей. В условиях in vitro комбинации цитокининов и ауксинов используются для регуляции процессов органогенеза и микроклонального размножения растений. Например, использование 6-бензиламинопурина (6-BAP) в концентрации 1–2 мг/л стимулирует образование побегов, тогда как добавление ауксинов (IAA или IBA) способствует формированию корневой системы. Таким образом, практическое применение фитогормонов в сельском хозяйстве и биотехнологии позволяет значительно улучшать рост и развитие растений, повышать урожайность сельскохозяйственных культур и оптимизировать технологии выращивания растений [10].

Фитогормоны играют ключевую роль в регуляции роста и развития растений, контролируя основные физиологические и биохимические процессы. Они участвуют в делении и растяжении клеток, формировании корневой системы, развитии побегов, цветении и образовании плодов. Особое значение фитогормоны имеют для растений семейства *Cucurbitaceae*, поскольку они способны существенно влиять на продуктивность и морфологические особенности тыквенных культур.

Анализ научных исследований показал, что различные группы фитогормонов выполняют специфические функции в процессе роста растений. Ауксины стимулируют развитие корневой системы и участвуют в формировании плодов, цитокинины регулируют процессы деления клеток и рост побегов, гиббереллины способствуют

удлинению стебля и увеличению размеров плодов, абсцизовая кислота участвует в адаптации растений к стрессовым условиям, а этилен регулирует процессы цветения и созревания плодов.

Экспериментальные данные показывают, что применение фитогормонов и регуляторов роста может значительно повышать продуктивность растений семейства Cucurbitaceae. Использование гиббереллинов, ауксинов и этиленсодержащих препаратов способствует увеличению количества женских цветков, улучшению завязываемости плодов и повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Таким образом, применение фитогормонов является перспективным направлением в современном сельском хозяйстве и биотехнологии растений. Использование регуляторов роста позволяет оптимизировать процессы роста и развития растений, повышать урожайность и улучшать качество продукции тыквенных культур. Дальнейшие исследования в области фитогормональной регуляции растений будут способствовать разработке новых эффективных агротехнологий и повышению эффективности выращивания сельскохозяйственных культур [11].

ЛИТЕРАТУРА

1 Taiz L., Zeiger E. (2015). Plant Physiology and Development. Sinauer Associates, pp. 423–480.

2 Davies P.J. (2010). Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction and Action. Springer, pp. 89–140.

3 Raven P., Evert R., Eichhorn S. (2013). Biology of Plants. W.H. Freeman, pp. 615–680.

4 Salisbury F., Ross C. (1992). Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company, pp. 357–410.

5 George E. F. (2008). Plant Tissue Culture Procedure and Techniques. Springer, pp. 33–78.

6 Кузнецов В. В., Дмитриева Г. А. (2011). Физиология растений. Москва: Академия, с. 210–280.

7 Полевой В. В. (1989). Физиология растений. Москва: Высшая школа, с. 145–210.

8 Salisbury F., Ross C. (1992). Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company, pp. 357–410.

9 Лутова Л. А., Проворов Н. А., Тихонович И. А. (2010). Генетика развития растений. Санкт-Петербург: Н-Л, С. 120–190.

10 Доспехов Б. А. (2011). Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, С. 90–150.

11 Жученко А. А. (2001). Адаптивная система селекции растений. Москва: Агрорус, С. 180–240.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

ИСАЕВА К. С.
к.т.н., профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
ТЕМИРБУЛАТОВА С. А.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

В статье рассмотрены возможности применения ферментных препаратов в технологии производства мясных продуктов. На основе анализа отечественных и зарубежных научных источников прилагаются данные о влиянии растительных и микробных протеаз, а также коллагеназ на свойства мясного сырья. Рассмотрены основные технологические подходы к ферментативной обработке мяса и ограничения их промышленного использования. Определены перспективы внедрения ферментных технологий на мясоперерабатывающих предприятиях Республики Казахстан.

Ключевые слова: мясные продукты, ферментные препараты, протеазы, коллаген, мясопереработка, размягчение мяса.

Мясо и мясные продукты являются важнейшими компонентами рациона человека, обеспечивая поступление биологически полноценного белка, эссенциальных аминокислот, витаминов и минеральных веществ [1, 2]. Качество мясной продукции определяется структурно-механическими и функционально-технологическими свойствами сырья, среди которых ключевыми являются жёсткость, влагосвязывающая способность и устойчивость к термической обработке [3].

В мясной промышленности Республики Казахстан эти показатели во многом зависят от породных особенностей скота и условий его содержания. Для мясного сырья, получаемого от степных пород, характерно повышенное содержание соединительной ткани, что приводит к увеличению жёсткости мяса, продолжительности технологических процессов и потерь массы при тепловой обработке до 25–30 % [4].

В связи с этим актуальным направлением является поиск технологических решений, способных улучшить потребительские свойства мясных продуктов и повысить эффективность переработки сырья. Одним из перспективных подходов считается применение экзогенных ферментных препаратов, воздействующих на белковые компоненты мышечной и соединительной ткани [1, 3, 5].

По данным Министерства сельского хозяйства, за одиннадцать месяцев 2025 г. общий объём производства мяса всех видов превысил 1 021 600 тонн, что на 3 % больше, чем за аналогичный период предыдущего года. Среди произведённого сырья: 358,8 тыс. тонн говядины и 111,8 тыс. тонн баранины, что подтверждает значительный сырьевой потенциал для переработки [6]. Среди произведённого сырья: 358,8 тыс. тонн говядины и 111,8 тыс. тонн баранины, что свидетельствует о высокой доле местного производства и значительном сырьевом потенциале для дальнейшей переработки. Такие положительные тенденции указывают на устойчивость мясной отрасли и усиливают актуальность исследований, направленных на совершенствование технологических процессов, включая применение ферментных препаратов для повышения качества мясных продуктов.

Цель данной работы – систематизировать данные отечественных и зарубежных научных источников, посвящённых применению ферментных препаратов в технологии производства мясных продуктов, и оценить перспективы их использования в условиях мясоперерабатывающей отрасли Республики Казахстан.

Материалы и методы. Работа выполнена в форме аналитического обзора. В качестве материалов использованы научные статьи, обзорные публикации и патентные источники, представленные в международных базах данных Scopus, Web of Science и Google Scholar за период 2015–2025 гг., а также специализированные монографии и технические отчёты. Применялись методы анализа, систематизации информации.

Согласно данным научных публикаций, в мясной промышленности наибольшее распространение получили протеолитические ферменты растительного и микробного происхождения, а также коллагеназы. Их действие направлено на частичный гидролиз белков мышечной ткани и коллагена соединительной ткани, что способствует снижению жёсткости мяса и улучшению его технологических свойств.

Растительные протеазы, такие как папаин, бромелайн и фицин, характеризуются сравнительно мягким действием и применяются преимущественно для обработки жёсткого мясного сырья. В литературе отмечается, что данные ферменты требуют строгого контроля дозировки и температурных режимов во избежание чрезмерного разрушения структуры мяса [2, 3].

Микробные протеазы, получаемые с использованием микроорганизмов рода *Bacillus*, отличаются высокой активностью и стабильностью, что делает их удобными для промышленного применения. Вместе с тем ряд авторов указывает на необходимость оптимизации условий их использования в связи с возможным увеличением потерь массы при термической обработке [1, 5].

Коллагеназы характеризуются высокой специфичностью по отношению к коллагену и рассматриваются как перспективные препараты для обработки мяса с высоким содержанием соединительной ткани [2, 5].

Ферментные препараты могут вноситься в мясное сырьё в составе маринадов или рассолов, а также методом инъекции. Эффективность ферментативной обработки определяется концентрацией фермента, температурой, уровнем pH и продолжительностью воздействия [1, 3].

К основным ограничениям применения ферментов относятся риск чрезмерного размягчения мясной структуры, увеличение потерь массы при тепловой обработке, микробиологические риски при длительной выдержке и необходимость соблюдения требований пищевого законодательства. В связи с этим подчёркивается важность проведения предварительных производственных испытаний и строгого контроля технологических параметров [4, 5].

По данным научных источников, перспективным направлением является использование комбинированных ферментных систем, позволяющих более гибко регулировать свойства мясного сырья. Актуальными остаются вопросы оптимизации технологических режимов и экономической целесообразности внедрения ферментных препаратов в условиях конкретных предприятий.

Для мясоперерабатывающей отрасли Республики Казахстан внедрение ферментных технологий может способствовать повышению качества продукции, снижению технологических потерь и более рациональному использованию сырьевых ресурсов.

Выводы: Применение ферментных препаратов рассматривается как перспективное направление совершенствования технологии производства мясных продуктов. Анализ и систематизация научных данных показывает, что использование протеаз и коллагеназ позволяет целенаправленно воздействовать на структурные элементы мясного сырья и улучшать его технологические свойства. Для условий Казахстана целесообразно дальнейшее изучение возможностей внедрения ферментных технологий с учётом породных особенностей скота, технологических параметров и экономической эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ikram A., Ambreen S., Tahseen A. Meat tenderization through plant proteases: a mini review // Int. J. Biosci. – 2021. – Vol. 18, No. 1. – P. 102–112.

2 Application of Plant Proteases in Meat Tenderization // Foods. – 2024. – 13(6):1336.

3 Madhusankha G.D.M.P., Thilakarathna R.C.N. Meat tenderization mechanism and the impact of plant exogenous proteases: a review // Arabian J. Chem. – 2020.

4 Антипова Л. В., Юнусов Э. Ш., Пономарев В. Я. Использование экзогенных ферментных препаратов в технологии мясных продуктов // Мясные технологии. – 2021.

5 SternEnzym. Ферменты для придания мясу нежности. – Режим доступа: https://sternenzym.de

6 Tenderisation of Meat / ed. Springer. – 2025. – Серия «Food Engineering».

ЕШКІ ЕТІН ФЕРМЕНТТЕР, ӨСІМДІК КОМПОНЕНТТЕРІ ЖӘНЕ СТАРТЕРЛІК КУЛЬТУРАЛАР АРҚЫЛЫ БИОТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ӨҢДЕУ

ИСАЕВА Қ. С.
т.ғ.к., қауымд. профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
ТЕМИРЖАНОВА З. Н.
докторант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Қазіргі уақытта тағам өнімдерінің сапасын арттыру және олардың функционалдық қасиеттерін жақсарту мәселелері азық-түлік биотехнологиясының маңызды бағыттарының бірі болып табылады. Әсіресе жоғары биологиялық құндылығы бар ет шикізатын тиімді өңдеу ғылыми және өндірістік тұрғыдан өзекті болып отыр. Соның ішінде ешкі еті ақуызға, минералдық заттарға және қанықпаған май қышқылдарына бай болуына байланысты

адам ағзасы үшін пайдалы тағам өнімдерінің қатарына жатады [1]. Сонымен қатар ешкі етінің холестерин мөлшері төмен және оңай қорытылатын қасиеті оны диеталық өнім ретінде қарастыруға мүмкіндік береді [2].

Дегенмен, ешкі етінің бұлшықет талшықтарының салыстырмалы тығыз құрылымы және өзіне тән ерекше иісі оны өнеркәсіптік өңдеу барысында белгілі бір технологиялық қиындықтар туындатады [3]. Осыған байланысты ет шикізатының құрылымын жұмсарту, оның функционалдық қасиеттерін жақсарту және сақтау тұрақтылығын арттыру мақсатында биотехнологиялық әдістерді қолдану кеңінен зерттелуде.

Соңғы жылдары ет өнімдерін өңдеуде ферменттік препараттарды қолдану ерекше назар аудартып отыр. Ферменттер бұлшықет тініндегі миофибриллярлық және дәнекер тіндік ақуыздарды гидролиздеу арқылы ет құрылымының жұмсаруына және технологиялық қасиеттерінің жақсаруына ықпал етеді [4]. Сонымен қатар ферменттік өңдеу нәтижесінде ет матрицасының су байланыстыру қабілеті артып, өнімнің текстуралық сипаттамалары өзгереді [5].

Ет өнімдерін биотехнологиялық өңдеуде сүтқышқылды бактериялардың рөлі де ерекше маңызды. Сүтқышқылды бактериялар ферментация процесі барысында органикалық қышқылдар түзеді, нәтижесінде ортаның pH деңгейі төмендеп, патогенді және шартты-патогенді микроорганизмдердің дамуы тежеледі [6]. Сонымен қатар олар биологиялық белсенді қосылыстар түзіп, өнімнің дәмі мен құрылымының қалыптасуына ықпал етеді [7].

Өсімдік текті биологиялық белсенді компоненттерді қолдану да ет өнімдерінің сапасын жақсартудың перспективалы бағыттарының бірі болып табылады. Мысалы, шалфей (Salvia officinalis) құрамында фенолдық қосылыстар, эфир майлары және табиғи антиоксиданттар көп болатындықтан, ет өнімдерінде тотығу процестерін баяулатып, микробиологиялық тұрақтылықты арттыруға мүмкіндік береді [8].

Ферменттер, сүтқышқылды бактериялар және өсімдік текті компоненттердің бірлескен әсері ет тінінің микроструктурасына, су байланыстыру қабілетіне және физика-химиялық көрсеткіштеріне айтарлықтай ықпал етуі мүмкін. Сондықтан мұндай биотехнологиялық тәсілдерді қолдану ет өнімдерінің сапасын арттыруда маңызды ғылыми және практикалық мәнге ие.

Осы зерттеудің мақсаты – ферменттер, шалфей және стартерлік культураларды қолдану арқылы өңделген ешкі етінің физика-химиялық көрсеткіштері мен микроструктуралық өзгерістерін

зерттеу және биотехнологиялық өңдеудің тиімділігін ғылыми тұрғыдан негіздеу.

Зерттеуге алынған шикізат ретінде 2 жастағы ешкінің мойын-жауырын бөлігі пайдаланылды. Зерттеуге алынған шикізаттың бастапқы физика-химиялық көрсеткіштері төмендегідей болды: ақуыз мөлшері – 16,47 %, ылғалдылығы – 63,69 %, май мөлшері – 19,47 %, тұз мөлшері – 1,17 %, су белсенділігі (aw) – 0,70, ал pH көрсеткіші – 6,1.

Эксперимент барысында әрқайсысының массасы 250 г болатын үш тәжірибелік үлгі шприцтеу (инъекциялау) әдісімен өңделді. Бақылау үлгісіне 2,5 % ас тұзы қосылды. 1-үлгі құрамына 2,5 % ас тұзы, 0,02 % ферменттік препарат және 0,5 % шалфей енгізілді. 2-үлгі құрамына 2,5 % ас тұзы, 0,02 % ферменттік препарат, 0,5 % стартерлік культура және 0,7 % шалфей қосылды. Өңделген үлгілер плюс 4±1 °С температурада пісіп-жетілу кезеңінде сақталды.

Пісіп-жетілу процесінен кейін ет үлгілерінің физика-химиялық көрсеткіштері (ақуыз, ылғал, май және тұз мөлшері) ИнфраЛЮМ ФТ-12 инфрақызыл спектрометрі арқылы анықталды. Ортаның қышқылдық көрсеткіші pH-150МИ pH-метрі көмегімен өлшенді. Су белсенділігі (**aw**) көрсеткіші Smart Water Activity Meter HD-6 анализаторы арқылы анықталды. Сонымен қатар үлгілердің микробиологиялық көрсеткіштері және органолептикалық қасиеттері (түсі, иісі, консистенциясы) бағаланды.

Ет тінінің микроструктуралық ерекшеліктерін зерттеу үшін JSM-6390LV сканерлеуші электрондық микроскопы (SEM) қолданылды. Микроструктуралық талдау барысында бұлшықет талшықтарының құрылымы, талшықаралық кеңістіктердің өзгеруі және тіннің морфологиялық ерекшеліктері бағаланды.

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде тәжірибелік үлгілердің физика-химиялық көрсеткіштерінде белгілі бір айырмашылықтар анықталды. Ешкі етінің технологиялық өңдеуден кейінгі негізгі көрсеткіштері 1-кестеде берілген.

1-кесте – Ет үлгілерінің физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіш	Бақылау	1-үлгі	2-үлгі
Ақуыз, %	18,08	18,10	18,15
Ылғал, %	65,74	71,19	72,42
Май, %	12,77	6,39	3,93
Тұз, %	1,85	2,34	1,65

Су белсенділігі (aw)	0,34	0,90	0,90
pH	6,1	5,8	5,8

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, тәжірибелік үлгілер арасында ылғал мөлшері мен су белсенділігі көрсеткіштері бойынша айқын айырмашылықтар байқалды. Контроль үлгіде ылғал мөлшері 65,74 % болса, ферменттік және биотехнологиялық өңдеу жүргізілген 1 және 2-үлгілерде бұл көрсеткіш тиісінше 71,19 % және 72,42 % деңгейіне дейін артқан. Бұл құбылыс ферменттердің әсерінен бұлшықет тінінің құрылымының босаңсуымен және ет матрицасының су байланыстыру қабілетінің жоғарылауымен түсіндіріледі.

Су белсенділігі көрсеткішінің де тәжірибелік үлгілерде жоғарылағаны байқалды. Контроль үлгіде aw=0,34 болса, 1 және 2-үлгілерде aw=0,90 мәніне жеткен. Су белсенділігінің артуы ет құрылымында микроқуыстардың түзілуімен және талшықаралық кеңістіктің ұлғаюымен байланысты болуы мүмкін.

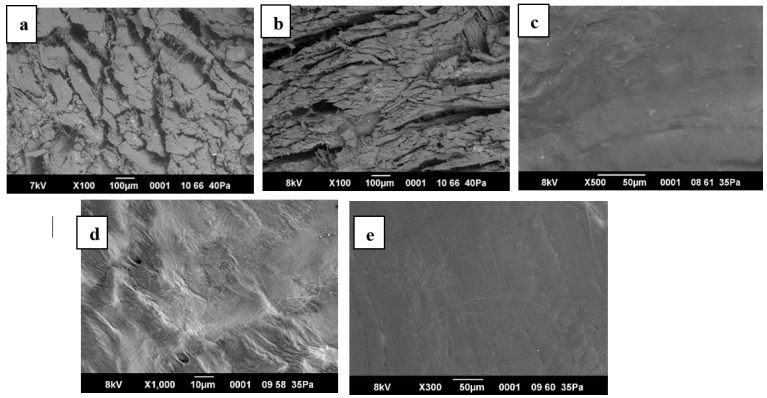
Май мөлшеріне қатысты талдау нәтижелері тәжірибелік үлгілерде липидтік компоненттердің төмендеу тенденциясын көрсетті. Контроль үлгіде май мөлшері 12,77 % болса, 1-үлгіде 6,39 %, ал 2-үлгіде 3,93 % дейін төмендеген. Бұл өзгеріс ферменттік гидролиз процестерінің әсерімен және құрылымдық қайта ұйымдасу нәтижесінде липидтердің қайта бөлінуімен түсіндіріледі.

Зерттеу барысында ортаның қышқылдылығы да өзгергені байқалды. Контроль үлгіде pH көрсеткіші 6,1 деңгейінде сақталса, тәжірибелік 1 және 2-үлгілерде pH мәні 5,8-ге дейін төмендеген. Бұл құбылыс стартерлік микроорганизмдердің метаболикалық белсенділігі нәтижесінде органикалық қышқылдардың түзілуімен және ферментациялық процестердің жүруімен байланысты.

Микробиологиялық талдау нәтижелері тәжірибелік үлгілерде микроорганизмдердің даму деңгейі өңдеу әдістеріне байланысты өзгеретінін көрсетті. Стартерлік культура қолданылған үлгілерде сүтқышқылды бактериялардың белсенді дамуы байқалып, бұл ортаның қышқылдануына және өнімнің микробиологиялық тұрақтылығының артуына ықпал етті.

Органолептикалық бағалау нәтижелері бойынша тәжірибелік үлгілер арасында белгілі бір айырмашылықтар байқалды. Ферменттік және биотехнологиялық өңдеу жүргізілген үлгілерде ет құрылымы жұмсарып, консистенциясы нәзік және иісі жағымды болғаны анықталды. Бұл көрсеткіштер өңдеу әдістерінің өнім сапасына оң әсер ететінін көрсетеді.

Ет үлгілерінің микроструктуралық ерекшеліктері сканерлеуші электрондық микроскопия (SEM) әдісімен зерттелді. Әртүрлі өңдеу жағдайларындағы ет тінінің құрылымдық өзгерістері 1-суретте көрсетілген.



1-сурет – Ешкінің мойын-жауырын бөлігіндегі ет тінінің микроструктурасы (SEM) әртүрлі өңдеу және постмортем кезеңдерінде:
a – жаңа сойылған ет (союдан кейін бірден);
b – союдан кейін 8 сағат өткен ет;
c – бақылау үлгі (синтетикалық посолочная қоспамен өңделген);
d – S1 тәжірибелік үлгі (тұз + ферменттік препарат + шалфей);
e – S2 тәжірибелік үлгі (тұз + стартерлік культура + фермент + шалфей)

Жаңа сойылған еттің (1-сурет, a) микроструктурасында бұлшықет талшықтарының құрылымы анық байқалады, талшықтар салыстырмалы түрде тығыз орналасқан және миофибриллярлық құрылымдар жақсы сақталған. Союдан кейін 8 сағат өткен етте (1-сурет, b) постмортемдік өзгерістерге байланысты талшықаралық байланыстардың әлсіреуі және бұлшықет талшықтарының біршама босаңсуы байқалады.

Контроль үлгінің микроструктурасында (1-сурет, c) бұлшықет талшықтарының құрылымы салыстырмалы түрде тығыз және біркелкі екені анықталды. Миофибриллярлық құрылымдар жақсы сақталған, талшықаралық кеңістіктер шектеулі.

Ал S1 үлгісінде (1-сурет, d) ферменттік өңдеудің әсерінен бұлшықет талшықтарының ішінара деструкциясы және

талшықаралық кеңістіктің ұлғаюы байқалды. Бұл құбылыс протеолитикалық процестердің белсенді жүргенін көрсетеді.

S2 үлгісінде (1-сурет, е) стартерлік культура мен ферменттердің бірлескен әсері нәтижесінде ет тінінің құрылымы анағұрлым борпылдақ болып, миофибриллярлық құрылымдардың фрагментациясы байқалды. Талшықаралық аймақтардың кеңеюі ет матрицасының жұмсаруын көрсетеді.

Жалпы алғанда, жаңа сойылған ет және постмортем кезеңіндегі үлгілермен салыстырғанда биотехнологиялық өңдеуге ұшыраған үлгілерде құрылымдық өзгерістердің айқынырақ байқалуы ферменттік және микробиологиялық процестердің әсерін көрсетеді.

Алынған нәтижелер ешкі етін биотехнологиялық өңдеу барысында ферменттер, стартерлік культуралар және өсімдік компоненттерін қолдану еттің құрылымдық және технологиялық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде ешкі етін биотехнологиялық әдістермен өңдеу оның физика-химиялық және микроструктуралық қасиеттеріне айтарлықтай әсер ететіні анықталды. Эксперимент барысында 2,5 % ас тұзы, ферменттік препарат, стартерлік культура және шалфей қолданылған тәжірибелік үлгілер зерттелді.

Зерттеу нәтижелері ферменттер мен стартерлік культуралар қолданылған үлгілерде ылғал мөлшері мен су белсенділігінің артқанын көрсетті. Сонымен қатар май мөлшерінің төмендеуі және pH көрсеткішінің 5,8-ге дейін төмендеуі байқалды. Бұл құбылыстар ет тінінде протеолитикалық және ферментациялық процестердің белсенді жүргенін көрсетеді.

Микроструктуралық талдау нәтижелері бойынша бақылау үлгіде бұлшықет талшықтарының құрылымы тығыз және салыстырмалы түрде тұрақты болғаны анықталды. Ал ферменттік және биотехнологиялық өңдеуге ұшыраған үлгілерде миофибриллярлық құрылымдардың ішінара деструкциясы, талшықаралық кеңістіктің ұлғаюы және құрылымның борпылдақтануы байқалды. Бұл өзгерістер еттің технологиялық қасиеттерінің жақсаруына ықпал етеді.

Зерттеу нәтижелері ферменттік препараттар, стартерлік культуралар және өсімдік компоненттерін (шалфей) бірлесіп қолдану ешкі етін өңдеудің тиімді биотехнологиялық тәсілі екенін көрсетті.

Алдағы зерттеулерде дәстүрлі ферменттелген сүт өнімі – құрттан бөлініп алынған автохтонды сүтқышқылды бактерияларды ферменттік препараттар және табиғи өсімдік компоненттерімен бірге қолдану жоспарлануда. Бұл тәсіл табиғи биотехнологиялық

технологияларды дамытуға, ет өнімдерінің сапасын арттыруға және функционалдық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Webb, E. C. Goat meat quality / E. C. Webb, N. H. Casey, L. Simela // Small Ruminant Research. – 2005. – Vol. 60, iss. 1–2. – P. 153–166. – DOI 10.1016/j.smallrumres.2005.06.009.

2 Devendra, C. Goat production in the tropics / C. Devendra, M. Burns. – 2nd ed. – Farnham Royal : Commonwealth Agricultural Bureaux, 1983. – 183 p.

3 Madruga, M. S. Goat meats: Description, rational use, certification, processing and technological developments / M. S. Madruga, M. C. Bressan // Small Ruminant Research. – 2011. – Vol. 98, iss. 1–3. – P. 39–45.

4 Toldrá, F. The role of muscle proteases and lipases in flavor development during the processing of dry-cured ham / F. Toldrá, M. Flores // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 1998. – Vol. 38, no. 4. – P. 331–352.

5 Hopkins, D. L. Tenderizing mechanisms: Mechanical / D. L. Hopkins // Encyclopedia of Meat Sciences / ed. by M. Dikeman, C. Devine. – 2nd ed. – London : Academic Press, 2014. – P. 443–451.

6 Leroy, F. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry / F. Leroy, L. De Vuyst // Trends in Food Science & Technology. – 2004. – Vol. 15, iss. 2. – P. 67–78. – DOI 10.1016/j.tifs.2003.09.004.

7 Handbook of fermented meat and poultry / ed. by F. Toldrá ; consulting ed. Y. H. Hui. – 2nd ed. – Wiley-Blackwell, 2014. – 528 p.

8 Bozin, B. Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (Rosmarinus officinalis L. and Salvia officinalis L., Lamiaceae) essential oils / B. Bozin, N. Mimica-Dukic, I. Samojlik, E. Jovin // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2007. – Vol. 55, no. 19. – P. 7879–7885. – DOI 10.1021/jf0715323.

COMPARATIVE EVALUATION OF PROTEOLYTIC ENZYMES IN MEAT TENDERIZATION: BIOCHEMICAL MECHANISMS AND INDUSTRIAL APPLICATIONS

ISSAYEVA K. S.
Candidate of technical Science. professor, Toraighyrov University, Pavlodar
MUKHAMEJANOVA A. S.
Master's, Senior Lecturer, Toraighyrov University, Pavlodar
TEMIRBULATOVA S. A.
Master's student, Toraighyrov University, Pavlodar

Meat tenderness is the primary determinant of consumer satisfaction and market value in the red meat industry. Traditional aging processes, driven by endogenous calpains and cathepsins, are often insufficient for older animals or specific tough muscle cuts, leading to significant economic losses [3,4]. This review synthesizes current research on enzymatic tenderization technologies, focusing on exogenous plant-derived proteases (papain, bromelain, ficin) and microbial alternatives (Bacillus subtilis, Aspergillus oryzae) [2, 3]. By analyzing biochemical mechanisms, optimal processing conditions, and substrate specificities, this paper evaluates the efficacy of these enzymes in degrading myofibrillar and connective tissue proteins. While papain remains the industrial standard due to its robustness, results across sources suggest that its broad specificity often leads to over-tenderization («mushiness») [3, 7]. Conversely, microbial proteases and novel plant extracts like zingibain offer more controlled proteolysis [6, 7]. This review concludes that the future of meat technology lies in synergistic enzyme applications and the valorization of agro-industrial by-products to ensure consistent meat quality and sustainability [2, 8].

Tenderness is widely recognized as the single most critical palatability factor influencing the eating quality and repeated purchase of red meat [3, 4]. High toughness results in poor palatability, reduced juiciness, and significant economic losses in the meat industry [3]. This issue has historically encouraged the slaughter of younger animals (veal), which decreases overall meat production sustainability [4].

The toughness of meat is determined by two primary structural components: the "actomyosin effect" (myofibrillar proteins like actin and myosin) and the "background effect" (connective tissue, primarily collagen and elastin) [4]. While traditional post-mortem aging relies on endogenous enzymes, this process is slow and inconsistent across different breeds and muscle types [4, 6]. Consequently, the meat industry has turned to exogenous enzymatic tenderization as a progressive, cost-effective, and safe method to improve the value of tough and low-value meat cuts [2, 3].

Enzymatic tenderization involves the targeted hydrolysis of peptide bonds in the structural proteins of the muscle fiber and the surrounding connective tissue matrix [2, 3]. Most plant-derived enzymes utilized for this purpose are cysteine proteases (or thiol proteases). Their catalytic mechanism involves a specific active site-typically residues Cys25 and His159 in papain-where the substrate binds to form a covalent tetrahedral intermediate, followed by S-acylation and deacylation stages that result in the cleavage of the protein chain [2].

Proteases affect meat structure by degrading key cytoskeletal elements. Exogenous enzymes are often preferred for their ability to target the N2-line region in muscle tissues, causing the fragmentation of myofibrils [3, 5]. High concentrations of these enzymes can lead to the complete degradation of protein bands, as observed in SDS-PAGE analysis, transforming high-molecular-weight proteins into smaller peptides (25–35 kDa) [5, 6]. This process significantly reduces Warner-Bratzler shear force (WBSF) values, with some treatments showing a 25–50 % reduction in toughness compared to untreated controls [5, 6].

The selection of a tenderizing agent depends heavily on its substrate specificity and the desired end-product texture. Literature indicates significant variations in how plant and microbial enzymes interact with different meat proteins [2, 3].

Papain, extracted from papaya latex, is the most commercially utilized tenderizer [2, 3]. It is noted for its strong ability to hydrolyze myofibrillar proteins but only moderate effectiveness against collagen [3]. Its high thermal stability allows it to continue tenderizing during the early stages of cooking, which increases the risk of surface over-tenderization [7].

Bromelain, derived from pineapple, and ficin, from figs, are generally more effective than papain at degrading collagen and elastin [2, 7]. Bromelain has been shown to improve meat flavor profiles better than papain due to the formation of more desirable volatile compounds [2]. Ficin provides a more balanced degradation, targeting both myofibrils and connective tissue effectively without the extremely aggressive action observed with papain [3].

Microbial proteases (e.g., from Bacillus subtilis or Aspergillus oryzae) are increasingly favored for senior-friendly meat products because their activity is often self-limiting, reducing the risk of a «mushy»

texture [1,5]. Research shows that bacterial enzymes are highly effective for collagen degradation while preserving the overall structural integrity of muscle fibers [1,5].

Endogenous enzymes (calpains and cathepsins) provide the basis for natural aging. However, their efficacy is species-specific and limited by post-mortem pH and temperature conditions [4]. Unlike exogenous enzymes, they cannot be easily controlled or accelerated once the aging process has concluded [4].

Table 1 – Comparative Characteristics of Tenderizing Enzymes

Enzyme Source	Mechanism of Action	Optimal Conditions	Advantages	Disadvantages	Effectiveness
Papain (Papaya)	Cysteine protease; broad specificity	pH 4–9 / 65–75°C	Robust, heat stable, inexpensive	Over-tenderization risk	Excellent (Myofibrillar)
Bromelain (Pineapple)	Cysteine protease; collagen degradation	pH 4–7 / 55–60°C	Improves flavor	Texture defects if overdosed	Excellent (Collagen)
Ficin (Fig)	Cysteine protease	pH 5–9 / 60–70°C	Balanced action	Higher cost	Balanced
Microbial (Bacillus / Aspergillus)	Neutral / alkaline proteases	pH 5–9 / 55–60°C	Self-limiting activity	Safety regulation issues	High collagen degradation
Endogenous (Calpains)	Calcium-activated proteases	~pH 5.5 / cold storage	Natural aging	Limited efficiency	Variable

The primary benefit of enzymatic technology is the ability to standardize meat quality across batches and upgrade lower-value cuts from older animals [3, 4]. The application of plant extracts such as papaya peel or ginger provides a sustainable alternative to synthetic additives while also delivering antioxidant and antimicrobial effects [2, 8]. Novel enzymes such as zingibain from ginger have also demonstrated significant reductions in shear force and improvements in meat juiciness [7].

However, the major limitation of enzymatic tenderization is the lack of specificity of many plant proteases. Excessive proteolysis can lead to an undesirable creamy or mushy texture, which negatively affects consumer acceptance [3, 7]. Additionally, the formation of bitter peptides during extensive hydrolysis may reduce sensory quality [2].

Based on the analysis of available studies, papain remains the most effective enzyme for rapid myofibrillar degradation, making it suitable for lower-grade meat products requiring intensive softening. In contrast,

bromelain and microbial proteases appear more suitable for premium meat products where structural integrity must be preserved. Future research should focus on optimizing enzyme dosage and exploring sustainable sources such as fruit-processing by-products, particularly papaya peel, which contains significant proteolytic activity and represents a promising low-cost tenderizing agent.

REFERENCES

1 Pietrasik Z., & Shand, P.J. (2018). Effect of proteases from Bacillus subtilis and Aspergillus oryzae on the tenderness of beef. CMSA News.

2 Mohd Azmi S. I., et al. (2023). Application of plant proteases in meat tenderization: Recent trends and future prospects. Foods.

3 Arshad M. S., et al. (2016). Plant and bacterial proteases: A key towards improving meat tenderization. Cogent Food & Agriculture.

4 Woinue Y., et al. (2019). Comparison of different meat tenderization methods: a review. Food Research.

5 Kim S.-Y., et al. (2024). Evaluation of the physicochemical attributes of beef, chicken, and pork muscles injected with microbial proteases. Foods.

6 Akkaya E., et al. (2025). Impact of plant and microbial proteases treatment on quality characteristics of beef. Food Science of Animal Resources.

7 Habtu E., et al. (2020). Meat tenderization of efficiency of papain, bromelain and zingibain on old aged beef. Juniper Publishers.

8 Joshi D., et al. (2026). Unlocking nutritional and functional potential of papaya peel and its industrial applications. Discover Food.

RECENT ADVANCES IN PROCESSING TECHNOLOGIES FOR IMPROVING THE QUALITY OF MUTTON-BASED MEAT PRODUCTS

MUKHAMEJANOVA A.S .
MSc., senior lecturer Toraighyrov University, Pavlodar
TOLEGENOVA A. ZH.
student, Toraighyrov University, Pavlodar

In Kazakhstan, the production of meat products from small ruminants, particularly lamb and goat meat, remains an important segment of the meat processing industry. These types of meat have traditionally occupied

a significant place in the national diet. Lamb meat is characterized by a high content of complete proteins, a balanced amino acid composition, and pronounced sensory properties, which makes it a promising raw material for the production of a wide range of meat products.

According to official statistics as of February 1, 2025, the population of sheep and goats in Kazakhstan amounted to approximately 20.2 million head. About 53 % of the livestock were kept in peasant and farm enterprises, while approximately 40 % were maintained in household farms. Despite the considerable raw material potential, the level of industrial processing of small ruminant meat into value-added products remains insufficient. Fresh carcass meat continues to dominate consumption patterns, and the assortment of processed mutton products available in the retail market is relatively limited [1].

This situation reflects existing technological, economic, and sensory barriers that restrict the broader industrial utilization of small ruminant meat. One of the major challenges is the distinctive aroma and flavor of mutton, which may reduce consumer acceptance and limit demand for processed products. Therefore, the development and implementation of advanced processing technologies aimed at improving sensory characteristics and reducing undesirable flavor notes represent a relevant scientific and practical task.

Sheep meat is highly valued for its nutritional properties, including high-quality protein and essential fatty acids. However, it is often associated with a strong and characteristic flavor that may not be acceptable to all consumer groups. The sensory profile of mutton is primarily determined by volatile compounds formed during muscle metabolism, lipid oxidation, and thermal processing. These compounds vary depending on breed, age, and processing conditions [2].

The characteristic «mutton» flavor is largely associated with specific aldehydes, ketones, and branched-chain fatty acid derivatives formed during lipid oxidation and Strecker degradation reactions. Compounds such as nonanal and octanal are frequently identified as key contributors to the distinctive aroma profile of lamb meat.

Recent studies have examined feed additives, breed-related flavor precursors, and cutting-edge analytical techniques (proteomics, metabolomics) to gain insights into and potentially adjust meat flavor and quality at the molecular level. The interplay of metabolic pathways, microbial activity, and processing conditions is vital in defining the ultimate sensory characteristics of sheep meat products [3].

The specific odor and texture characteristics of mutton limit its wider consumption and require the application of modern technological solutions. Recent studies demonstrate that the improvement of organoleptic properties can be achieved through targeted processing technologies and formulation strategies. These approaches allow for a reduction in off-flavors, improvement in tenderness, and enhancement of overall sensory quality, as confirmed by contemporary scientific publications.

This review aims to summarize current technological strategies for improving the quality of mutton-based products, with particular emphasis on reducing undesirable flavor characteristics and enhancing desirable sensory attributes.

The objectives include:

– to analyze the factors influencing flavor development in sheep meat;

– to provide an overview of technological processing methods that improve sensory quality.

Since no primary experimental work was conducted, this review is based on a comprehensive analysis of peer-reviewed scientific literature published over the past decade. Sources were retrieved from major academic databases, including Science Direct, Pub Med, and Oxford Academic.

The review methodology included the analysis of original research articles, review papers, and experimental studies focusing on sheep meat flavor chemistry and processing technologies.

Data selection involved identifying studies addressing sensory properties, volatile flavor compounds, molecular mechanisms of flavor formation, and technological interventions in mutton and related products.

The analytical focus included modern instrumental methods such as gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS), gas chromatography–ion mobility spectrometry (GC–IMS), electronic nose and tongue systems, as well as metabolomics and proteomics approaches for the identification of flavor compounds and evaluation of processing technologies.

Key measurement techniques reported in the reviewed studies included GC–MS and GC–IMS for profiling volatile compounds, electronic sensory systems for pattern recognition, and advanced omics technologies for protein and metabolite characterization [3,4].

Despite the high nutritional value of mutton, its specific smell and texture features limit the consumption of the product and require the use of modern technological solutions. In recent years, studies have shown that improving the organoleptic properties of meat is possible with the help of technological processing and prescription additives. These

approaches can reduce the intensity of the smell, soften the structure of meat and improve the taste of products, which is confirmed by the data of modern publications and practical studies.

Table 1 below shows the latest research and innovative approaches to improving the organoleptic properties of mutton, indicating the methods used, their advantages and limitations

Table 1 – Modern methods of improving organoleptic properties of mutton

№	Article title / research	Methods for improving organoleptics / reducing odour	Advantages	Disadvantages	Link
1	The effect of multicomponent brines on the quality of lamb meat products	the use of multicomponent brines with enzymes, goji berries, buckwheat flour, protein complexes	increases organoleptic properties, makes meat more attractive	requires accurate selection of recipes, possible complexity of industrial implementation	[7]
2	Improvement of quality characteristics of lamb meat products	introduction of a plant complex (pumpkin + chickpeas)	improves the taste, increases the content of vitamins and proteins	the effect depends on the proportions of the vegetable input; possible change in texture	[8]
3	Effect of Lactobacillus helveticus IMAUJBH1 on fat and volatile flavor substances in fermented mutton sauces	fermentation of meat raw materials with l. helveticus; control of the profile of volatile compounds (gc-ms); sensory assessment (aroma, taste)	reduction of branched fatty acids and aldehydes that form a specific smell; improvement of the taste profile	precise maintenance of fermentation conditions is required; the effect depends on the initial composition of fat and microorganisms	[9]
4	Effects of compound fermentation of lactic acid bacteria IMAUJBP3 and IMAUJBR3 on mutton sausage flavor and metabolites	complex fermentation with two lab cultures (l. plantarum imaujbp3, l. reuteri imaujbr3); hs-spme-gc-ms analysis of volatile compounds; e-nose and metabolomics; sensory evaluation	reduction of compounds that cause unpleasant odors; increase in the proportion of compounds that improve taste; formation of a more balanced aroma profile	requires a complex laboratory setup (e-nose, metabolomics); more expensive and time-consuming procedure; effectiveness may vary when changing the feedstock	[10]

Recent studies confirm that the specific odor and flavor of mutton are mainly associated with volatile compounds formed during lipid oxidation and metabolic processes. Modern analytical methods (GC–MS, metabolomics, electronic nose systems) enable precise identification of these compounds and support the development of targeted technological solutions.

As shown in Table 1, current research focuses on practical approaches such as multicomponent brines, plant-based additives, and controlled fermentation with selected lactic acid bacteria. These methods demonstrate the potential to reduce off-flavors and improve overall sensory quality. However, most studies examine isolated techniques rather than comprehensive industrial solutions.

Although sheep meat has high nutritional value and significant production potential, its specific sensory characteristics still limit wider processing and market expansion.

Existing research proposes promising methods for improving organoleptic properties, yet integrated and industry-oriented technological models remain insufficiently developed. Therefore, further research is needed to create комплексные, scientifically substantiated approaches for improving the sensory quality and competitiveness of sheep meat products.

REFERENCES

1 Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan. Livestock population statistics as of February 1, 2025. – Astana, 2025.

2 Resconi V. C., Campo M. M., Montossi F., Ferreira V., Escudero A. Sensory evaluation of odor and flavor in lamb meat: Relationship with volatile compounds // Meat Science. 2010. Vol. 85. No. 4. P. 700–706.

3 Young O. A., Braggins T. J. The effect of skeletal muscle α-tocopherol concentration on lipid oxidation and meat color stability // Meat Science. 1993. Vol. 34. No. 2. P. 211–221

4 Priolo A., Micol D., Agabriel J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavor // Animal Research. 2001. Vol. 50. No. 3. P. 185–200.

5 Watkins P. J., Frank D., Singh T. K., Young O. A., Warner R. D. Sheep meat flavor and the role of branched-chain fatty acids // Meat Science. 2013. Vol. 94. No. 3. P. 304–311

6 Khan M. I., Jo C., Tariq M. R. Meat flavor precursors and factors influencing flavor development: A review // Food Chemistry. 2015. Vol. 175. P. 258–270.

7 Sarsembayev B., et al. The effect of multicomponent brines on the quality of lamb meat products // Journal of Food Processing and Preservation. 2021.

8 Tursynbekova G., et al. Improvement of quality characteristics of lamb meat products using plant-based complexes // Foods. 2022.

9 Zhao Y., Liu H., Zhang X., Wang J. Effect of Lactobacillus helveticus IMAUJBH1 on fat and volatile flavor substances in fermented mutton sausages // Food Chemistry: X. 2024.

10 Zhang Q., Li Y., Chen L., Resconi V. C. Effects of compound fermentation of lactic acid bacteria IMAUJBP3 and IMAUJBR3 on characteristic flavors and metabolites of mutton fermented sausages // Food Science and Technology. 2024.

EFFECTS OF FUSARIUM SPECIES ON CROP YIELD AND QUALITY

SMAGULOV R. M.
master's student, Toraighyrov University, Pavlodar

Fungi of the genus Fusarium are among the most widespread and economically significant phytopathogens, exerting a substantial impact on agricultural production worldwide. Representatives of this genus are widely distributed across various soil and climatic zones and are capable of persisting in soil, plant residues, and seed material for extended periods. This determines their high epidemiological significance and the difficulty of their control. Modern studies indicate that Fusarium affects more than 200 species of cultivated plants, including major food crops such as wheat, maize, barley, and soybean [1].

A distinctive feature of Fusarium species is their ability to cause a wide range of plant diseases. The most common include Fusarium wilt, root and crown rots, as well as Fusarium head blight (FHB) of cereals. These diseases are characterized by damage to the vascular system of plants, disruption of water balance, growth suppression, and the development of necrotic processes. In severe cases, complete plant death may occur. Fusarium head blight is considered one of the most dangerous forms of the disease, as it affects generative organs and directly influences yield formation [2].

Results of recent field studies indicate a significant reduction in crop yield due to Fusarium infection. In experiments conducted on different wheat varieties, it was found that under severe disease development, yield losses can reach 30–70% [2]. The degree of damage depends on the genetic resistance of the variety, weather conditions, and agronomic factors. Additional studies show that in susceptible varieties, losses may amount to 50–58 %, accompanied by the formation of shriveled, underdeveloped grains with low weight and reduced germination capacity [3].

It should be noted that even at moderate levels of infection, Fusarium has a substantial negative impact on plant productivity. In controlled experiments, yield reductions amounted to 21–23% compared to treatments protected with fungicides or biological agents [4]. The use of infected seed material resulted in average yield losses of up to 27 %, highlighting the importance of phytosanitary seed control [5]. Thus, the impact of the pathogen is evident not only under epidemic conditions but also at relatively low levels of infection. The main quantitative indicators of the impact of *Fusarium* on crop yield and product quality are summarized in Table 1.

Table 1 – Key indicators of the impact of *Fusarium* on crop yield and product quality

Indicator	Value (%)	Source
Yield losses (severe infection)	30–70	[2]
Losses in susceptible varieties	50–58	[3]
Losses under moderate infection	21–23	[4]
Losses from infected seeds	~27	[5]
Disease reduction under biocontrol	30–70	[6]
Yield increase under biocontrol	25–68	[6]

Reduction of mycotoxins	up to 52	[7]
Contamination of global production	up to 25	[1]

In addition to quantitative yield losses, Fusarium significantly affects the quality of agricultural products. Infection disrupts grain filling and maturation processes, reduces grain weight, and deteriorates technological and sowing qualities. Infected grain is characterized by reduced germination and seed vigor, negatively affecting subsequent crops. Several studies have demonstrated a direct correlation between the level of infection and the deterioration of product quality and market value [1].

A particular hazard is associated with the ability of Fusarium species to produce mycotoxins – toxic secondary metabolites such as trichothecenes, fumonisins, and zearalenone. These compounds accumulate in grain and processed products and are largely resistant to thermal treatment. One of the most widespread toxins is deoxynivalenol, which has toxic effects on humans and animals. According to current estimates, up to 25 % of global grain production may be contaminated with mycotoxins, posing a serious threat to food safety [1].

In recent years, considerable attention has been given to the study of factors influencing the development of Fusarium diseases. It has been established that weather conditions play a key role, particularly high humidity and temperature during the flowering period of plants. This period is critical for the most intensive infection of the ear. In addition, agronomic factors such as crop rotation, tillage practices, and mineral nutrition are of great importance. For instance, reduced tillage promotes the preservation of plant residues, which serve as a source of infection. Modeling and field observations indicate that climatic variability can lead to yield fluctuations of 15–20 % depending on disease severity.

Modern research is also focused on the development of effective control methods against Fusarium. One of the promising approaches is the use of biological plant protection agents. In particular, the application of antagonistic microorganisms such as Trichoderma species can reduce disease development by 30–70 % and simultaneously increase yield by 25–68 % compared to infected controls [6]. These findings confirm the high effectiveness of biological control within integrated plant protection systems.

Agronomic practices also play a crucial role in reducing disease spread. The use of crop rotations that include non-host or less susceptible crops helps lower the infection background. Studies have shown that the use of cover crops and optimization of tillage systems can reduce

mycotoxin content by up to 52 % and increase yields by up to 25 % [7]. Such approaches are an essential component of sustainable agriculture.

The economic consequences of Fusarium spread are complex and multifaceted. They include direct yield losses, reduced product quality, costs of plant protection measures, and losses associated with restrictions on the marketing of contaminated products. In several countries, the total damage caused by Fusarium diseases is estimated at billions of dollars annually, underscoring the global nature of the problem [1].

In conclusion, fungi of the genus Fusarium exert a multifaceted impact on agricultural production, including yield reduction, deterioration of product quality, and contamination with mycotoxins. Modern research demonstrates that even moderate infection can lead to significant economic losses. This necessitates a comprehensive approach to plant protection, including the breeding of resistant varieties, the use of biological and chemical control methods, and the improvement of agronomic practices.

REFERENCES

1 Mesterhazy A. (2024). What Is Fusarium Head Blight (FHB) Resistance and What Are Its Food Safety Risks in Wheat? Problems and Solutions—A Review. Toxins, 16(1), 31.

2 Mawcha K. T., Yang W., Ndolo D. (2026). Identification of sources of Fusarium head blight and deoxynivalenol resistance in Ethiopian wheat cultivars. Journal of Plant Pathology.

3 Ayehu H. T. (2024). Challenges and Advances in Managing Fusarium Head Blight in Wheat: Insights from Ethiopian Agriculture. Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry, 10(4), 524–537.

4 Sirangelo T. M. (2024). Molecular Investigations to Improve Fusarium Head Blight Resistance in Wheat: An Update Focusing on Multi-Omics Approaches. Plants, 13(16), 2179.

5 Yin J., et al. (2024). Silica nanoparticles enhance wheat resistance to Fusarium head blight through modulating antioxidant enzyme activities and salicylic acid accumulation. Environmental Science: Nano, 11, 4765.

6 Hamila O., et al. (2023). Fusarium head blight detection, spikelet estimation, and severity assessment in wheat using 3D convolutional neural networks. arXiv preprint.

7 Lin Y.-F., et al. (2024). Self-supervised Fusarium Head Blight Detection with Hyperspectral Image and Feature Mining. arXiv preprint.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЯСНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЯСА МРС

ТОЛЕГЕНОВА А. Ж.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ИСАЕВА К. С.
к.т.н., ассоц. профессор Торайгыров университет, г. Павлодар

В Казахстане производство продукции из мяса мелкого рогатого скота, в частности баранины и козлятины, остаётся важным направлением перерабатывающей промышленности, так как эти виды мяса традиционно занимают значительное место в национальном рационе. Мясо мелкого рогатого скота характеризуется высоким содержанием полноценного белка, сбалансированным аминокислотным составом и выраженными органолептическими свойствами, что делает его перспективным сырьём для получения широкого ассортимента мясных изделий.

По данным официальной статистики на 1 февраля 2025 года, поголовье овец и коз в Казахстане составило 20 210,7 тыс. голов. При этом около 53 % содержится в крестьянских и фермерских хозяйствах, а примерно 40 % в домохозяйствах населения. Несмотря на значительный ресурсный потенциал, доля переработки МРС в готовую мясную продукцию остаётся ограниченной, и мясо МРС встречается в розничной сети относительно редко [1].

Мясо баранины характеризуется высоким содержанием полноценного белка, сбалансированным аминокислотным составом и выраженными органолептическими свойствами. Это делает его перспективным сырьём для получения широкого ассортимента мясных изделий [2].

Однако следует учитывать то, что свойства различных видов сырья очень отличаются в зависимости от вида, породы и морфологических свойств животного [3].

Баранина и козлятина составляют значительную часть мирового потребления мяса. За последние годы мировое производство баранины и козлятины значительно выросло. Баранина и козлятина имеют первостепенное значение для мировой экономики благодаря исключительной питательной ценности и характерному вкусу, что делает их ключевым компонентом мирового продовольственного ландшафта. Гастрономические качества баранины и козлятины обусловлены множеством сложных факторов. Цвет, нежность, вкус и влагоудерживающая способность (ВУС) баранины и

козлятины являются основными факторами, определяющими их органолептические свойства. В целом разные породы обладают разным потенциалом для производства мяса [4].

Так же ряд технологических особенностей, таких как высокая жёсткость мышечных волокон, значительное содержание соединительной ткани и сравнительно низкая влагосвязывающая способность, существенно усложняют получение изделий стабильного качества. Соединительная ткань, особенно коллаген, играет ключевую роль в «фоновой жёсткости» мяса, так как высокая доля нерастворимого коллагена делает мясо жёстче [4].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки современных технологий переработки мяса МРС, направленных на снижение специфического запаха, смягчение структуры и улучшение органолептических и функционально-технологических свойств продукции.

Цель исследования – анализ существующих технологий переработки мяса баранины и технологических решений для улучшения качества мясных изделий из баранины с повышенной мягкостью, сочностью и повышение органолептических показателей.

По результатам патентного анализа были отобраны работы, включающих современные технологии переработки мяса овец и коз в США, Японии, Южной Корее, Китае, Бразилии, Молдове и Российской Федерации. Анализ выявил ключевые направления инноваций, актуальные для совершенствования технологий производства мясных изделий из МРС:

1. Использование мяса овец и коз как в чистом виде, так и в сочетании с другими видами сырья, что позволяет корректировать текстурные и вкусовые характеристики продукции.

2. Применение функциональных, ферментативных и растительных добавок, обеспечивающих повышение мягкости, улучшение усиление вкуса и цвета, уменьшение специфического запаха и вкуса баранины, а также повышение биологической ценности изделий.

Несмотря на высокую пищевую ценность баранины её специфический запах и текстурные особенности ограничивают потребление продукта и требуют применения современных технологических решений. В последние годы исследования показывают, что улучшение органолептических свойств мяса МРС возможно с помощью технологической обработки и рецептурных добавок. Эти подходы позволяют снижать интенсивность запаха,

смягчать структуру мяса и повышать вкусовые качества изделий что подтверждается данными современных публикаций и практических исследований [5].

Ниже в таблице 1 представлены последние исследования и инновационные подходы к улучшению органолептических свойств баранины с указанием применяемых методов, их преимуществ и ограничений

Таблица 1 – Современные методы улучшения органолептических свойств баранины

Название статьи / исследования	**Методы улучшения органолептики / снижение запаха**	**Преимущества**	**Недостатки**	
Влияние многокомпонентных рассолов на качество мясных продуктов из баранины	использование многокомпонентных рассолов с ферментами, ягодами годжи, гречневой мукой, белковыми комплексами	повышает органолептические свойства, делает мясо более привлекательным	требует точного подбора рецептур, возможная сложность промышленной реализации	[7]
Улучшение качественных характеристик мясных продуктов из баранины	введение растительного комплекса (тыква и нут)	улучшает вкус, повышает содержание витаминов и белков	эффект зависит от пропорций растительного ввода; возможное изменение текстуры	[8]
Влияние *Lactobacillus helveticus* IMAUJBH1 на жир и летучие ароматические соединения в ферментированных колбасах из баранины	ферментация мясного сырья с *l. helveticus*; контроль профиля летучих соединений (gc-ms); сенсорная оценка (аромат, вкус	-снижение разветвлённых жирных кислот и альдегидов, формирующих специфический запах -улучшение вкусового профиля -повышение потребительской оценки	требуется точное поддержание условий ферментации -эффект зависит от исходного состава жира и микроорганизмов -ограниченное применение без комбинирования с другими технологическими приёмами	[9]
Влияние комбинированной ферментации молочнокислых бактерий IMAUJBP3 и IMAUJBR3 на формирование характерного аромата и метаболитов в ферментированных колбасах из баранины	комплексная ферментация двумя lab-культурами (*l. plantarum imaujbp3 , l. reuteri imaujbr3*); hs-spme-gc-ms анализ летучих соединений; e-nose и метаболомика; сенсорная оценка	-уменьшение соединений, вызывающих неприятный запах -повышение доли соединений, улучшающих вкус -формирование более сбалансированного ароматического профиля	требуется сложная лабораторная установка (e-nose, метаболомика); более дорогая и длительная процедура; эффективность может варьироваться при изменении исходного сырья	[10]

Анализ патентных и литературных данных показывает, что в технологиях переработки мяса МРС наибольшее развитие получили три ключевых направления: применение многокомпонентных рассолов, использование растительных функциональных добавок и контролируемая ферментация с участием молочнокислых бактерий. Представленные в таблице решения подтверждают, что переход от традиционной термической обработки к комплексным технологическим схемам позволяет одновременно воздействовать на текстуру, сочность и аромат баранины, а также снижать выраженность её специфического запаха.

Использование растительных ингредиентов (тыква, нут, злаковые и ягодное сырьё) способствует повышению пищевой и биологической ценности изделий, улучшению влагосвязывающей способности и замедлению окислительных процессов. Применение молочнокислых бактерий обеспечивает корректировку профиля летучих соединений, уменьшение концентрации компонентов, формирующих характерный «овечий» запах, и повышение микробиологической стабильности продукции.

В то же время большинство исследований рассматривают отдельные технологические приёмы, тогда как комплексные, адаптированные к промышленным условиям схемы переработки мяса МРС разработаны недостаточно. Особенно ограничены данные, ориентированные на сырьё местного происхождения и условия развитого овцеводства Казахстана.

С учётом значительного поголовья овец и коз в стране и сравнительно низкой доли глубокой переработки мяса МРС,

разработка и внедрение интегрированных технологических решений представляется перспективным направлением дальнейших исследований.

Совершенствование технологий, направленных на снижение специфического запаха, улучшение текстурных характеристик и повышение потребительской привлекательности продукции, может способствовать расширению ассортимента и увеличению конкурентоспособности отечественных мясных изделий на внутреннем и внешнем рынках.

ЛИТЕРАТУРА

1 Комитет по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан. Поголовье овец и коз на 01.02.2025. – URL: https://stat.gov.kz

2 Bakhsh A., Hwang Y.-H., Joo S.-T. Влияние возраста убоя на состав мышечных волокон, внутримышечную соединительную ткань и нежность козлятины в посмертный период // Foods. – 2019. – Т. 8, № 11. – С. 571–587.

3 Способ переработки мяса овец с применением функциональных добавок для получения мясных изделий повышенной мягкости: пат. 10987 Респ. Казахстан, МПК A22C ; опубл. 12.08.2021 г.

4 Продовольственный баланс. Статистическое подразделение Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН. Диагностика состояния питания и потребления пищевых продуктов. – Лаос: Всемирная организация здравоохранения, 2015.

5 Вэй Ю. Ц., Ли С., Чжан Д.Ц., Лю Ю. Ф. Сравнение различий в составе белков высококачественных и низкокачественных частей туш овец и крупного рогатого скота на основе технологии iTRAQ // Food Chemistry. – 2019. – Т. 289. – С. 240–249.

6 Молочнокислые бактерии в мясной промышленности: вкус, функциональность и безопасность пищевых продуктов // Frontiers in Microbiology. – 2025.

7 Sarsembayev B. и др. Влияние многокомпонентных рассолов на качество мясных продуктов из баранины // Journal of Food Processing and Preservation. – 2021.

8 Tursynbekova G. и др. Улучшение качественных характеристик мясных продуктов из баранины с использованием растительных комплексов // Foods. – 2022.

9 Zhao Y., Liu H., Zhang X., Wang J. Влияние *Lactobacillus helveticus* IMAUJBH1 на жир и летучие ароматические соединения в ферментированных колбасах из баранины // Food Chemistry: X. – 2024.

10 Zhang Q., Li Y., Chen L., Resconi V. C. Влияние комбинированной ферментации молочнокислых бактерий IMAUJBP3 и IMAUJBR3 на формирование характерного аромата и метаболитов в ферментированных колбасах из баранины // Food Science and Technology. – 2024.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ БАРАРНИНЫ МЕСТНЫХ ПОРОД ОВЕЦ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

ШАРАПАТОВА М. М.
докторант, Торайгыров университет, г. Павлодар
ИСАЕВА К. С.
к.т.н., ассоц. профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Баранина является важным компонентом рациона питания населения во многих регионах мира, в том числе в странах Центральной Азии, где она традиционно занимает ключевое место в структуре мясного потребления [1]. В Республике Казахстан баранина, получаемая от местных пород овец, характеризуется высокой пищевой ценностью, значительным содержанием полноценного белка, витаминов группы В и минеральных веществ, включая железо и цинк. Особенностью данного сырья является специфический липидный профиль, обусловленный высоким содержанием курдючного жира и разветвлённых жирных кислот, что формирует характерные органолептические свойства продукции [2].

Местные породы овец, адаптированные к экстремальным природно-климатическим условиям, характеризуются рядом биологических и хозяйственно ценных признаков, включая устойчивость к стрессовым факторам, короткий воспроизводственный цикл (средняя продолжительность беременности составляет около 5 месяцев), а также высокую плодовитость, проявляющуюся в частом получении двойни. Совокупность этих характеристик формирует благоприятные условия для эффективного разведения овец и способствует повышению рентабельности овцеводства.

Согласно данным Бюро национальной статистики Республики Казахстан, в последние годы наблюдается устойчивая положительная

динамика развития животноводства и мясоперерабатывающего сектора. В частности, общий объём производства мяса всех видов в 2025 году превысил 1,02 млн тонн, что примерно на 3 % выше уровня 2024 года [3]. Производство баранины демонстрирует стабильный рост: объём выпуска увеличился с 109,1 тыс. тонн в 2024 году до 111,8 тыс. тонн в 2025 году (прирост около 2,5 %). Дополнительно отмечается значительное увеличение экспортного потенциала: экспорт баранины вырос почти в 1,9–2,2 раза за период 2024–2025 гг., достигнув более 25 тыс. тонн [4].

Несмотря на положительную динамику производства, уровень глубокой переработки баранины остаётся ограниченным, а основной объём продукции реализуется в виде сырья. Это указывает на необходимость внедрения современных биотехнологических методов переработки, направленных на повышение добавленной стоимости и улучшение качественных характеристик мясной продукции.

Результаты исследований казахстанских учёных подтверждают, что баранина местных пород овец обладает выраженными морфологическими и технологическими особенностями, обусловленными их генетической природой и условиями разведения. В частности, установлено, что для курдючных пород характерен высокий выход съедобной части туши, достигающий до 80 % и более, а также хорошо развитая мускулатура и значительная доля жировых отложений в области курдюка, что определяет высокую мясную продуктивность данных животных [5].

Кроме того, исследования, проведённые в Казахстане, показали, что морфологические особенности скелета и мышечной ткани, включая вариации позвонков и развитие мышечных волокон, тесно связаны с массой туши и качественными характеристиками мяса [6]. Анализ продуктивности казахских курдючных пород также свидетельствует о значительном потенциале их роста и убойных показателей, что делает их перспективными для промышленной переработки.

Важно отметить, что мясосальные породы овец составляют более 70% поголовья в Казахстане, что подчёркивает доминирующую роль курдючного направления и его влияние на формирование специфических свойств баранины [7]. Наличие развитого курдючного жира определяет не только энергетическую ценность мяса, но и его жирнокислотный состав, а также участвует в формировании характерного вкуса и аромата продукции.

Таким образом, биологические и технологические особенности баранины местных пород овец оказывают определяющее влияние на

выбор и эффективность методов её переработки. В традиционной практике данные свойства учитывались на эмпирическом уровне, что привело к развитию таких способов обработки мяса, как сушка, вяление и копчение, а также использованию кисломолочных продуктов в качестве маринадов. Однако данные методы характеризуются вариабельностью качества, отсутствием стандартизации технологических параметров и повышенными микробиологическими рисками, что ограничивает их применение в условиях современного производства и обуславливает необходимость внедрения биотехнологических подходов [8].

Традиционные методы переработки мяса, такие как копчение, сушка и засолка, являются одними из древнейших способов его консервирования. В ряде случаев такие технологии получили официальное признание в виде продуктов с защищённым наименованием происхождения (PDO) и географическим указанием (PGI), что подчёркивает их культурную и экономическую значимость [9]. В условиях Казахстана аналогичные подходы представлены технологиями вяления, сушки и ферментации мясных продуктов, однако они характеризуются недостаточной стандартизацией и вариабельностью качества.

В последние годы возрастает научный интерес к использованию мяса овец и коз в разработке новых переработанных продуктов и совершенствовании технологий их производства. Результаты современных исследований подтверждают, что внедрение биотехнологических подходов играет ключевую роль в развитии мясной отрасли, обеспечивая контроль технологических процессов, улучшение физико-химических характеристик, повышение безопасности и формирование оптимальных органолептических свойств продукции [1,9].

Современные подходы к переработке баранины направлены на управление биохимическими и микробиологическими процессами с целью повышения качества и безопасности продукции. В отличие от традиционных методов, биотехнологические подходы обеспечивают контролируемое протекание ферментативных реакций, формирование стабильных органолептических характеристик и снижение рисков микробиологической контаминации (таблица 1) [10].

Таблица 1 – Сравнение традиционных и биотехнологических методов переработки баранины

Параметр	Традиционные методы (сушка, вяление, копчение)	Биотехнологические методы (LAB, ферменты)
Контроль процесса	Низкий, эмпирический	Высокий, регулируемый
Стандартизация	Отсутствует	Обеспечивается
Микробиологические процессы	Спонтанные	Контролируемые (заквасочные культуры)
Безопасность	Повышенные риски контаминации	Снижение за счёт биоконсервации
Формирование аромата	Нестабильное	Управляемое
Текстура	Вариабельная	Контролируемая
Скорость созревания	Длительная	Ускоренная
Воспроизводимость качества	Низкая	Высокая
Применимость в промышленности	Ограниченная	Высокая

Молочнокислые бактерии (*Lactobacillus, Pediococcus, Leuconostoc*) широко применяются в технологии ферментированных мясных продуктов благодаря их способности регулировать микробиологические и биохимические процессы [10]. Основные функции LAB включают подкисление среды за счёт образования органических кислот, биоконсервацию посредством синтеза бактериоцинов и антимикробных метаболитов, а также участие в формировании вкусоароматического профиля продукции. В частности, *Lactobacillus plantarum* и *Pediococcus pentosaceus* демонстрируют высокую адаптацию к условиям мясной среды и активно используются в качестве стартовых культур.

Особое значение применение LAB приобретает при переработке баранины местных пород овец, характеризующейся специфическим липидным профилем, обусловленным наличием курдючного жира и разветвлённых жирных кислот. Установлено, что взаимодействие молочнокислых бактерий с липидной фракцией мяса способствует образованию летучих соединений, включая альдегиды, кетоны

и органические кислоты, которые формируют характерный вкусоароматический профиль баранины (рисунок 1) [1].



Рисунок 1 – Механизм формирования вкусоароматического профиля баранины при участии молочнокислых бактерий (LAB)

Кроме того, LAB способны модулировать интенсивность специфического «бараньего» запаха за счёт контроля процессов липолиза и последующего окисления жирных кислот, что особенно важно для продукции из курдючных пород. В условиях использования автохтонных штаммов, выделенных из традиционных ферментированных продуктов, возможно формирование более аутентичного и сбалансированного вкуса, что открывает перспективы для создания продуктов с региональной идентичностью и высокой потребительской ценностью.

Ферментативные процессы играют ключевую роль в формировании текстуры и вкуса мясной продукции. Протеолиз, осуществляемый эндогенными ферментами (кальпаины, катепсины) и микробными протеазами, приводит к разрушению миофибриллярных белков и повышению нежности мяса. Липолиз, в свою очередь, обеспечивает высвобождение свободных жирных кислот и их последующее превращение в ароматические соединения, определяющие вкусовой профиль продукта [8].

Наибольшую эффективность демонстрируют комбинированные технологии, включающие сочетание ферментации с посолом и сушкой. Такие подходы позволяют синергетически воздействовать на микробиологические и физико-химические параметры продукта, обеспечивая его стабильность и безопасность [11]. В частности,

сочетание LAB с контролируемым посолом способствует ускорению созревания, улучшению текстуры и снижению активности патогенной микрофлоры.

Посол является одним из наиболее значимых технологических факторов, влияющих на безопасность и качество мясной продукции. Основная функция поваренной соли заключается в снижении активности воды (a_w) и создании осмотического давления, ограничивающего рост микроорганизмов таким образом обеспечивая не только консервацию, но и инициирование биохимических процессов, определяющие ход созревания мяса [12].

Традиционно в мясопереработке применяются нитриты, выполняющие функции стабилизации цвета и ингибирования патогенной микрофлоры, однако их использование связано с потенциальными рисками образования нитрозаминов, что стимулирует поиск альтернативных решений.

Современные посолочные системы включают комбинированные составы, сочетающие соль с молочнокислыми бактериями, органическими кислотами и растительными компонентами. Такие системы позволяют не только регулировать микробиологические процессы, но и формировать заданные органолептические характеристики, а также соответствовать концепции «clean label» [12].

Процесс созревания баранины сопровождается комплексом биохимических изменений, включающих протеолиз и липолиз, которые определяют текстуру, аромат и вкусовые характеристики продукта. В ходе созревания происходит снижение pH, изменение структуры мышечной ткани и накопление летучих соединений, формирующих характерный аромат.

Ключевую роль в данных процессах играет микрофлора, включая как естественные, так и внесённые заквасочные культуры, которые регулируют скорость и направленность биохимических реакций. Управление этими процессами возможно за счёт применения биотехнологических подходов, позволяющих контролировать условия созревания и формировать стабильное качество продукции.

Применение биотехнологических методов позволяет эффективно управлять качеством баранины на всех этапах переработки. В частности, использование LAB и биоконсервации способствует повышению микробиологической безопасности продукции за счёт ингибирования патогенной микрофлоры [10].

Органолептические характеристики, включая вкус, аромат и текстуру, формируются в результате контролируемых

ферментативных процессов, тогда как физико-химические показатели, такие как водоудерживающая способность (WHC), цвет и структура, могут быть оптимизированы за счёт регулирования состава посолочных систем и условий обработки [12].

Таким образом, биотехнологические подходы обеспечивают комплексное управление качеством мясной продукции и позволяют создавать продукты с заданными характеристиками.

В отличие от универсальных подходов, применяемых в мясопереработке, технологии обработки баранины местных пород овец не могут быть полностью заимствованы без адаптации, поскольку само сырьё обладает выраженной биохимической индивидуальностью. Как было указано ранее, прежде всего это связано с высокой долей курдючного жира и специфическим жирнокислотным профилем, формирующим интенсивный и зачастую вариабельный вкусоароматический фон. В этой связи перспективным направлением является не столько «улучшение» сырья, сколько точечное управление его природными свойствами с использованием биотехнологических инструментов.

Одним из ключевых векторов развития представляется создание посолочных систем, ориентированных именно на баранину курдючных пород. В данном случае соль выступает не просто как консервант, а как регулятор сложной системы взаимодействий между микрофлорой, белками и липидами. Включение в такие системы молочнокислых бактерий позволяет направленно влиять на процессы протеолиза и липолиза, что особенно важно для управления выраженностью характерного «бараньего» аромата. При этом использование автохтонных культур, выделенных из традиционных продуктов, открывает возможность не нивелировать, а, напротив, стабилизировать и воспроизводить аутентичные сенсорные профили.

Отдельного внимания заслуживает переход от химически обусловленных методов стабилизации (в частности, нитритов) к биологически управляемым системам. Для баранины местных пород это особенно актуально, поскольку высокая липидная фракция делает продукт чувствительным к окислительным процессам. В таких условиях комбинация LAB, органических кислот и растительных компонентов может выступать не только как альтернатива, но и как более гибкий инструмент регулирования качества.

В более широком контексте внедрение биотехнологических подходов позволяет переосмыслить саму модель переработки баранины: от традиционно сырьевой ориентации – к производству

продуктов с управляемыми характеристиками. Это особенно важно для стран с развитым овцеводством, где местные породы являются не просто источником сырья, а носителями уникальных технологических и гастрономических свойств. Таким образом, дальнейшее развитие биотехнологий в переработке баранины следует рассматривать не как замену традиций, а как способ их научного переосмысления и воспроизводства в условиях современной пищевой индустрии.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ding, W., Lu, Y., Xu, B., Chen, P., Li, A., Jian, F., Yu, G., & Huang, S. (2024). Meat of Sheep: Insights into Mutton Evaluation, Nutritive Value, Influential Factors, and Interventions. *Agriculture*, *14*(7), 1060. https://doi.org/10.3390/agriculture14071060

2 Kaldarbekova, M., Uzakov, Y., Chernukha, I., & Kuznetsova, O. (2019). Research of technology of restructured combined meat products using a multicomponent brine. *EurAsian Journal of BioSciences*, *13*(2).

3 Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. (2025). *Статистика животноводства*. https://stat.gov.kz (дата обращения: 17 марта 2026 г.)

4 Kazinform. (2025, December 20). *Kazakhstan produces over 1mn tons of meat in 11M2025*.

5 Каринбаев, А. К. (2024). Повышение продуктивности овец казахской курдючной полугрубошерстной породы на основе использования линейных баранов. https://rpomsnp.kz/povyshenie-produktivnosti-ovec-kazahskoy-kurdyuchnoy

6 Islamov, E., Kulmanova, G., Zhumasheva, S. (2025). Productive and reproductive qualities of rams of the Kazakh meat-wool semi-fine breed under new climatic conditions of keeping and rearing. *Izdenister natigeler*. https://doi.org/10.37884/3-2025/02

7 Махатов, Б. М., Мелдебеков, А. М., & Кулманова, Г. А. (2021). Состояние и перспективы развития овцеводства в Казахстане. Вестник Ошского государственного университета, (1-2), 382-389.

8 Rahman, Md & Hashem, Md Abul & Azad, Md. Abul Kalam & Choudhury, Md & Bhuiyan, Mohammod. (2023). Techniques of meat preservation-A review. Meat Research | ISSN (Online Version) 2790-1971. 55. 10.55002/mr.3.3.55.

9 Teixeira, A.; Silva, S.; Rodrigues, S. Advances in Sheep and Goat Meat Products Research. Adv. Food Nutr. Res. 2019, 87, 305–370.

10 Tamang, J. P., Cotter, P. D., Endo, A., Han, N. S., Kort, R., Liu, S. Q., Mayo, B., Westerik, N., & Hutkins, R. (2020). Fermented foods in a global age: East meets West. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 19*(1), 184–217. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12520

11 Leroy, F., Verluyten, J., & De Vuyst, L. (2006). Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation. *International Journal of Food Microbiology, 106*(3), 270–285. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.06.027

12 Toldrá, F., & Reig, M. (2011). Innovations for healthier processed meats. *Trends in Food Science & Technology, 22*(9), 517–522. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.08.007

Секция 8
Өсімдік және орман шаруашылығындағы инновациялар
Инновации в растениеводстве и лесном хозяйстве

АДАПТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

АКТАЕВ А.К.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
УАХИТОВ Ж.Ж.
профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар

Картофель в настоящее время занимает устойчивое место в системе сельскохозяйственного производства Казахстана и остаётся одной из базовых продовольственных культур. Его значение определяется не только высокой пищевой ценностью и универсальностью использования, но и способностью обеспечивать население доступной продукцией в различных регионах страны. Кроме того, картофель играет важную роль в структуре продовольственной безопасности, выступая как источник углеводов, витаминов и биологически активных веществ.

Вместе с тем, как показывают исследования, уровень урожайности картофеля значительно варьирует в зависимости

от природных условий и применяемых технологий, особенно в зонах с нестабильным климатом. По данным научных работ, различия в температурном режиме, влагообеспеченности и агротехнических приёмах могут приводить к существенным колебаниям продуктивности культуры даже в пределах одного региона [1]. Это подчёркивает необходимость более гибкого и адаптивного подхода к технологии возделывания картофеля, особенно в условиях усиливающейся климатической изменчивости.

В научной литературе подчёркивается, что формирование урожая картофеля определяется совокупным действием температуры, влажности почвы, солнечной радиации и обеспеченности элементами питания [2]. При этом данные факторы функционируют не изолированно, а во взаимосвязи, образуя единую систему. Изменение одного из параметров может существенно повлиять на эффективность других, что особенно важно учитывать в условиях континентального климата.

Павлодарская область характеризуется резко континентальными климатическими условиями, для которых типичны значительные амплитуды температур, сравнительно небольшое количество осадков и их выраженная неравномерность в течение года. Среднегодовое количество атмосферных осадков в регионе, по данным РГП «Казгидромет», составляет порядка 245–300 мм, при этом их распределение по сезонам нестабильно и часто не совпадает с критическими фазами развития сельскохозяйственных культур [3]. Летний период нередко сопровождается засушливыми явлениями и суховеями, усиливающими испарение влаги из почвы и ухудшающими условия водообеспечения растений. В научной литературе подчёркивается, что именно сочетание высоких температур и недостаточного увлажнения формирует стрессовые условия для картофеля, особенно в фазах активного роста и клубнеобразования, что приводит к снижению урожайности [4].

Почвенный покров Павлодарской области представлен преимущественно каштановыми и темно-каштановыми почвами, сформированными в условиях сухостепной зоны. По данным почвенно-географических исследований, данные почвы характеризуются относительно невысоким содержанием гумуса (в среднем 2–4 %), ограниченной влагоёмкостью и склонностью к уплотнению при недостаточной агротехнической обработке [6]. Кроме того, в регионе широко распространены солонцеватые и засолённые почвы, что существенно осложняет водный и

питательный режим растений, снижая доступность элементов питания и ухудшая развитие корневой системы [8].

Следует отметить, что сочетание климатических и почвенных факторов усиливает общий стрессовый фон агроценозов. Низкая влагоудерживающая способность почв при дефиците осадков приводит к быстрому иссушению пахотного слоя, что особенно критично для картофеля с его поверхностной корневой системой. По данным агрохимических исследований, в таких условиях эффективность минеральных удобрений также снижается, поскольку ограниченная влага препятствует их полноценному усвоению [3].

Таким образом, природные условия Павлодарской области формируют сложную агроэкологическую обстановку, при которой успешное возделывание картофеля возможно только при учёте как климатических особенностей, так и свойств почвенного покрова. Это подтверждает необходимость применения адаптивных технологий, направленных на оптимизацию водного режима, повышение эффективности использования почвенных ресурсов и снижение воздействия неблагоприятных факторов.

В связи с этим в последние годы всё большее внимание уделяется адаптивным технологиям, направленным на повышение устойчивости агроценозов. В научных работах адаптивная технология рассматривается как система приёмов, позволяющих согласовать требования культуры с конкретными природно-климатическими условиями [1]. При этом подчёркивается, что наибольший эффект достигается при комплексном применении элементов технологии.

Одним из наиболее важных элементов, согласно многочисленным исследованиям, является выбор оптимальных сроков посадки. Установлено, что корректировка сроков позволяет более эффективно использовать почвенную влагу и снижать влияние неблагоприятных факторов [1]. При ранней посадке существует риск воздействия низких температур, тогда как запаздывание с посадкой приводит к ухудшению условий влагообеспечения растений.

Сроки посадки тесно связаны с глубиной заделки клубней. В литературе отмечается, что глубина посадки влияет на условия прорастания, формирование корневой системы и дальнейшее развитие растений [8]. При недостатке влаги более глубокая посадка может способствовать лучшему обеспечению влагой, однако чрезмерное заглубление замедляет появление всходов. Таким

образом, оптимальные параметры должны подбираться с учётом конкретных условий.

Густота размещения растений также рассматривается как важный фактор формирования урожайности. По данным исследований, как изреженные, так и чрезмерно загущённые посадки приводят к снижению эффективности использования ресурсов [8]. В условиях засушливого климата этот фактор приобретает особую значимость, поскольку усиливается конкуренция за влагу.

Система питания картофеля является одним из ключевых элементов технологии. В литературе подчёркивается, что культура характеризуется высокой потребностью в азоте, фосфоре и калии, однако эффективность их применения во многом зависит от уровня влагообеспеченности [4,5]. Это особенно актуально для регионов с дефицитом влаги.

Исследования показывают, что увеличение доз удобрений не всегда приводит к росту урожайности. В условиях недостаточного увлажнения это может даже усиливать стресс растений, что связано с повышенной концентрацией солей в почвенном растворе [4]. В связи с этим рекомендуется оптимизация системы питания с учётом конкретных условий выращивания.

Отдельного внимания заслуживает взаимосвязь между минеральным питанием и водным режимом. В научных работах подчёркивается, что эффективность удобрений значительно возрастает при достаточном уровне влагообеспеченности. Следовательно, данные элементы технологии должны рассматриваться в комплексе, а не изолированно.

Водный режим почвы является одним из наиболее значимых факторов, ограничивающих продуктивность картофеля. Засуха оказывает комплексное воздействие на растения, включая снижение фотосинтетической активности, замедление роста и ухудшение формирования клубней [4,5]. Это приводит к снижению как урожайности, так и качества продукции.

В этой связи особую актуальность приобретают приёмы, направленные на сохранение влаги в почве. Согласно исследованиям, даже относительно небольшие изменения в системе обработки почвы способны улучшить водный режим и повысить эффективность использования влаги [4]. Это особенно важно для регионов с ограниченным количеством осадков.

Сортовой состав рассматривается как важный элемент адаптивной технологии. В научных источниках отмечается, что

использование сортов, адаптированных к местным условиям, позволяет повысить устойчивость растений к неблагоприятным факторам [9]. Такие сорта обладают большей устойчивостью к засухе и температурным стрессам.

Кроме того, в ряде исследований подчёркивается, что в условиях рискованного земледелия важна не только максимальная урожайность, но и её стабильность. Адаптивные технологии позволяют снизить вариабельность урожайности по годам и обеспечить более устойчивое производство [2].

Следует отметить, что эффективность адаптивной технологии определяется не отдельными элементами, а их сочетанием. Изолированное применение агротехнических приёмов не обеспечивает максимального результата. Только их комплексное использование позволяет учитывать особенности конкретного года и снижать влияние неблагоприятных факторов.

Дополнительный анализ показывает, что роль отдельных факторов может изменяться в зависимости от погодных условий. В один год решающее значение имеет влагообеспеченность, в другой – температурный режим или сроки посадки [1]. Это подтверждает необходимость гибкого подхода к управлению технологией.

Таким образом, анализ научных источников позволяет сделать вывод о том, что адаптивные элементы технологии возделывания картофеля представляют собой взаимосвязанную систему. Она включает оптимизацию сроков посадки, регулирование густоты стояния растений, рациональную систему питания, управление водным режимом и использование адаптированных сортов.

Комплексное применение данных элементов позволяет учитывать почвенно-климатические особенности Павлодарской области, снижать влияние стрессовых факторов и обеспечивать более устойчивое производство картофеля. При этом важно отметить, что наибольший эффект достигается именно при согласованном использовании агротехнических приёмов, а не при их разрозненном применении.

В условиях современных климатических изменений значение адаптивных технологий продолжает возрастать, поскольку увеличивается частота засушливых периодов и усиливается межгодовая вариабельность погодных условий. По данным международных исследований, изменение климата уже оказывает заметное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур, включая картофель, особенно в регионах с ограниченным

водообеспечением [10]. Это подтверждает необходимость дальнейшего изучения адаптивных подходов и их практического внедрения в систему земледелия.

ЛИТЕРАТУРА

1 Tang J., Bai H., Zhang S. Adaptations of potato production to future climate change by optimizing planting date, irrigation and fertilizer. Climate Risk Management, 2024.

2 Nasir M.W. et al. Effect of drought stress on potato production: A review. Agronomy, 2022.

3 РГП «Казгидромет». Климатические характеристики Павлодарской области. – Астана, 2020. – URL: https://www.kazhydromet.kz (дата обращения: 17.03.2026).

4 Obidiegwu J.E. et al. Coping with drought: stress and adaptive responses in potato. Plant Biotechnology Journal, 2015.

5 Akkamis M., Caliskan S. Responses of yield, quality and water use efficiency of potato grown under different drip irrigation and nitrogen levels //Scientific Reports. – 2023. – Т. 13. – №. 1. – С. 9911.

6 Сулейменов М.К. Почвы Казахстана и их рациональное использование. – Алматы: КазНИИ почвоведения и агрохимии, 2012. – 312 с.

7 Шайхутдинов Ф.Ш., Сержанов И.М. и др. Влияние агротехнических приемов выращивания картофеля на урожайность и экономическую эффективность.

8 Васильев А.А., Горбунов А.К. Формирование урожая картофеля в зависимости от сроков и глубины посадки. Челябинск, 2022.

9 Devaux A. et al. The potato of the future: opportunities and challenges in sustainable agri-food systems //Potato Research. – 2021. – Т. 64. – №. 4. – С. 681-720.

10 IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. – Cambridge University Press, 2022. – URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/ (дата обращения: 12.03.2026).

АЙМАҚТЫҚ АГРОӨНЕРКӘСІП КЕШЕНІ ЖАҒДАЙЫНДА ӨСІМДІК ШАРУАШЫЛЫҒЫ САЛАСЫНЫҢ БӘСЕКЕГЕ ҚАБІЛЕТТІЛІГІН АРТТЫРУ БАҒЫТТАРЫ

МАНГУТОВ А. Т.
магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
УАХИТОВ Ж. Ж.
профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Агроөнеркәсіп кешені Қазақстан экономикасының негізгі және стратегиялық маңызы бар салаларының бірі болып табылады. Бұл сала тек ауыл шаруашылығы өнімдерін өндірумен ғана шектелмейді, сонымен қатар елдің азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуге, ауылдық аумақтардың әлеуметтік тұрақтылығын сақтауға және жалпы экономикалық өсімге ықпал етеді. Осы тұрғыдан алғанда, өсімдік шаруашылығы аграрлық сектордың жетекші бағыты ретінде ерекше маңызға ие.

Өсімдік шаруашылығы ауыл шаруашылығы өндірісінің негізгі бөлігін құрай отырып, халықты азық-түлікпен қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Сонымен қатар, астық және майлы дақылдар өндірісі Қазақстанның экспорттық әлеуетін қалыптастыратын негізгі факторлардың бірі болып табылады [1]. Бұл өз кезегінде саланың тиімділігі мен бәсекеге қабілеттілігін арттыру қажеттілігін күшейтеді.

Азық-түлік қауіпсіздігі мемлекеттік саясаттың маңызды басым бағыттарының бірі болып табылады және ол ауыл шаруашылығының, соның ішінде өсімдік шаруашылығы саласының даму деңгейімен тікелей байланысты. Қазіргі жағдайда дәнді және майлы дақылдарды тұрақты әрі жеткілікті көлемде өндіру халықтың негізгі азық-түлікке деген қажеттілігін қамтамасыз етіп қана қоймай, сыртқы нарықтарға тәуелділікті төмендетуге мүмкіндік береді. Халықаралық ұйымдардың зерттеулерінде ауыл шаруашылығы өндірісінің тиімділігін арттыру азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізгі факторларының бірі ретінде қарастырылатыны атап көрсетілген [1]. Сонымен қатар, азық-түлік қауіпсіздігі тек өндіріс көлемімен ғана емес, өнімнің сапасы, қолжетімділігі және тұрақтылығы сияқты көрсеткіштермен де анықталады. Осы тұрғыдан алғанда, өсімдік шаруашылығының тиімді дамуы өңірлік деңгейде ерекше маңызға ие. Павлодар облысында ауыл шаруашылығы жерлерін тиімді пайдалану және өндірістік әлеуетті арттыру бағытында жүргізіліп жатқан шаралар азық-түлік қауіпсіздігін нығайтуға нақты ықпал етеді, соның ішінде

пайдаланылмай жатқан жерлерді қайта айналымға енгізу тәжірибесі де маңызды рөл атқарады [2].

Қазіргі уақытта нарықтық қатынастар жағдайында ауыл шаруашылығы өндірісінің бәсекеге қабілеттілігі тек өнім көлемімен ғана емес, сонымен қатар оның сапасы, өзіндік құны және нарықтағы сұранысқа сәйкестігімен анықталады. Яғни, ауыл шаруашылығы кәсіпорындары тек өнім өндірумен ғана шектелмей, оны тиімді өткізу және нарықтық жағдайларға бейімделу қабілетіне де ие болуы тиіс [3]. Бұл, өз кезегінде, өндірісті жоспарлау мен басқару тәсілдерін жетілдіруді, шығындарды оңтайландыруды және өнім сапасын тұрақты түрде бақылауды талап етеді. Қазіргі жағдайда ауыл шаруашылығы өнімдерінің бәсекеге қабілеттілігі көбіне олардың қосылған құнына, өңдеу деңгейіне және нарыққа шығу арналарына байланысты қалыптасады.

Сонымен қатар, нарықтық инфрақұрылымның дамуы, логистикалық жүйелердің тиімділігі және сақтау мен өңдеу мүмкіндіктері де маңызды рөл атқарады. Егер өнімді сақтау және тасымалдау жүйелері жеткілікті деңгейде дамымаған болса, өндірілген өнімнің бір бөлігі шығынға ұшырауы мүмкін немесе төмен бағамен сатылуы ықтимал. Осыған байланысты ауыл шаруашылығы өндірісін тек өндірістік тұрғыдан емес, толыққанды агробизнес жүйесі ретінде қарастыру қажеттілігі туындайды. OECD сараптамалық материалдарында көрсетілгендей, ауыл шаруашылығының бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін өндіріс тиімділігін жоғарылатумен қатар, нарықтық тетіктерді дамыту және өнімді өткізу жүйесін жетілдіру маңызды болып табылады [1].

Павлодар облысы Қазақстанның солтүстік өңірлерінің бірі ретінде ауыл шаруашылығы өндірісінде маңызды орын алады. Бұл өңірде егіншілікке жарамды жерлердің көлемі айтарлықтай үлкен, алайда табиғи-климаттық жағдайлар өндірістің тұрақтылығына белгілі бір деңгейде әсер етеді. Жауын-шашын мөлшерінің тұрақсыздығы, құрғақшылық кезеңдердің жиі қайталануы және температуралық ауытқулар ауыл шаруашылығы өндірісін жоспарлауда қиындықтар туғызады [4]. Сонымен қатар, өңірдің климатының күрт континенталды болуы вегетациялық кезеңнің қысқалығымен және ылғал тапшылығымен сипатталады, бұл өсімдіктердің қалыпты дамуына шектеу қояды. Мұндай жағдайларда өнімділік деңгейі жыл сайын өзгеріп отырады және көп жағдайда ауа райы факторларына тәуелді болады.

Осыған байланысты ауыл шаруашылығы өндірісін ғылыми негізде ұйымдастыру, әсіресе ылғалды сақтау технологияларын қолдану және дақылдарды дұрыс таңдау ерекше маңызға ие. Ғылыми зерттеулер көрсеткендей, құрғақ аймақтарда ресурсты үнемдейтін технологияларды енгізу және топырақтағы ылғалды сақтау шараларын қолдану өнімділіктің тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді [5]. Сонымен қатар, Қазақстанның солтүстік өңірлеріне арналған агроклиматтық зерттеулерде климаттық тәуекелдерді ескере отырып, егіншілік жүйесін бейімдеу қажеттілігі атап өтіледі [6].

Соған қарамастан, соңғы жылдары өңірде ауыл шаруашылығын дамыту бағытында бірқатар оң өзгерістер байқалады. Атап айтқанда, пайдаланылмай жатқан ауыл шаруашылығы жерлерін қайта айналымға енгізу жұмыстары жүргізілуде. 2025 жылы Павлодар облысында 42 мың гектардан астам жер ауыл шаруашылығы айналымына қайта қосылды [2]. Бұл көрсеткіш жер ресурстарын тиімді пайдалану арқылы өндірістік әлеуетті арттыру мүмкіндігінің бар екенін көрсетеді.

Өсімдік шаруашылығының бәсекеге қабілеттілігі көптеген факторлардың өзара әсері нәтижесінде қалыптасады. Бұл факторларды шартты түрде табиғи, технологиялық және экономикалық деп бөлуге болады. Әрбір фактордың маңызы жоғары, алайда олардың үйлесімділігі жалпы нәтижеге тікелей әсер етеді.

Табиғи факторлар ең алдымен өнімділік деңгейіне ықпал етеді. Қазақстан аумағының басым бөлігі тәуекелді егіншілік аймағына жататындықтан, ауа райы жағдайлары ауыл шаруашылығы өндірісінің тұрақтылығына әсер етеді [6]. Павлодар облысында бұл факторлар ерекше байқалады.

Өңірдегі топырақ жамылғысы негізінен қара және қоңыр топырақтардан тұрады. Қара топырақтар жоғары құнарлылығымен ерекшеленіп, жоғары өнім алуға мүмкіндік береді. Алайда оларды тиімсіз пайдалану топырақтың деградациясына алып келуі мүмкін. Сондықтан топырақ қорғау және оның құнарлылығын сақтау шараларын қолдану маңызды болып табылады [7].

Технологиялық факторлар да өсімдік шаруашылығының тиімділігіне айтарлықтай әсер етеді. Заманауи техника мен технологияларды пайдалану еңбек өнімділігін арттыруға, өндірістік шығындарды азайтуға және өнім сапасын жақсартуға мүмкіндік береді. Дегенмен, техникамен қамтамасыз етілу деңгейі барлық шаруашылықтарда бірдей емес, бұл олардың нәтижелеріне әсер етеді.

Экономикалық факторлар, соның ішінде өндірістік шығындар, өнімнің өзіндік құны және нарықтағы баға деңгейі, ауыл шаруашылығы кәсіпорындарының бәсекеге қабілеттілігін анықтайды. Жанар-жағармай, тыңайтқыштар және техника бағасының өсуі шаруашылықтардың қаржылық жағдайына әсер етеді. Сондықтан шығындарды оңтайландыру мәселесі ерекше өзекті болып табылады.

Осы тұрғыдан алғанда ресурсты үнемдейтін технологияларды енгізу маңызды бағыттардың бірі болып табылады. Минималды және нөлдік топырақ өңдеу технологиялары топырақтағы ылғалды сақтауға, эрозияны азайтуға және өндірістік шығындарды төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл технологиялардың тиімділігі ғылыми зерттеулерде дәлелденген [5].

Соңғы жылдары ауыл шаруашылығында цифрлық технологияларды енгізу үрдісі байқалады. Дәлме-дәл егіншілік, спутниктік мониторинг және деректерді талдау жүйелері ресурстарды тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл технологиялар әлі толық енгізілмегенімен, олардың болашағы зор.

Өсімдік шаруашылығының бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін өндірісті әртараптандыру маңызды. Тек астық дақылдарына тәуелді болу тәуекелдерді арттырады. Сондықтан майлы дақылдарды дамыту, әсіресе күнбағысты кеңінен енгізу тиімді бағыттардың бірі болып табылады.

Күнбағыс жоғары рентабельділігімен ерекшеленеді және нарықта тұрақты сұранысқа ие. Бұл дақылды өсіру арқылы шаруашылықтар өз табыстарын арттырып, өндірістің тиімділігін жоғарылата алады.

Сонымен қатар, кадрлық әлеует мәселесі де маңызды. Ауыл шаруашылығында білікті мамандардың жетіспеушілігі өндірістің тиімділігіне әсер етеді. Сондықтан аграрлық білім беру жүйесін дамыту және жастарды ауыл шаруашылығына тарту қажет.

Мемлекеттік қолдау аграрлық сектордың дамуына маңызды әсер етеді. Қазақстанда ауыл шаруашылығын қолдауға бағытталған түрлі бағдарламалар жүзеге асырылуда. Бұл шаралар өндірістің тұрақтылығын қамтамасыз етуге және саланың бәсекеге қабілеттілігін арттыруға ықпал етеді [5].

Өнімді сақтау, өңдеу және өткізу мәселелері де өзекті болып табылады. Егер логистикалық инфрақұрылым жеткілікті деңгейде дамымаған болса, шаруашылықтар өндірілген өнімнен толық пайда ала алмайды. Әсіресе астық пен майлы дақылдарды сақтау кезінде

қойма жетіспеушілігі немесе сақтау технологиясының дұрыс сақталмауы өнім сапасының төмендеуіне және шығындардың артуына алып келеді. Сонымен қатар, көлік-логистикалық жүйенің әлсіз дамуы өнімді уақтылы нарыққа жеткізуге кедергі келтіреді, бұл өз кезегінде оның бағасының төмендеуіне әсер етуі мүмкін. Сондықтан аграрлық инфрақұрылымды дамыту тек қосымша бағыт емес, ауыл шаруашылығы өндірісінің тиімділігін қамтамасыз ететін негізгі факторлардың бірі болып табылады.

Халықаралық тәжірибе көрсеткендей, ауыл шаруашылығы өнімдерін сақтау, өңдеу және өткізу жүйелерін дамыту қосылған құнды арттыруға және өндірушілердің табысын ұлғайтуға мүмкіндік береді. Бұл туралы OECD зерттеулерінде аграрлық сектордың бәсекеге қабілеттілігін арттыруда логистика мен нарықтық инфрақұрылымның рөлі ерекше атап көрсетілген [1]. Сонымен қатар, Қазақстан жағдайында аграрлық нарықтарды дамыту және өнімді тиімді өткізу мәселелері ауыл шаруашылығының құрылымдық өзгерістерімен тығыз байланысты екендігі ғылыми еңбектерде қарастырылған [3].

Жалпы алғанда, өсімдік шаруашылығының бәсекеге қабілеттілігі кешенді түрде қалыптасады. Табиғи жағдайлар, технологиялық даму деңгейі, экономикалық факторлар және басқару тиімділігі өзара тығыз байланыста әрекет етеді. Бір фактордың әлсіздігі жалпы өндіріс тиімділігіне әсер етуі мүмкін, сондықтан барлық бағыттарды үйлестіре дамыту қажет. Осы тұрғыдан алғанда, ауыл шаруашылығында тек өндірістік көрсеткіштерді арттыру жеткіліксіз, сонымен қатар өнім сапасын жақсарту, шығындарды төмендету және нарықтық бейімделуді күшейту маңызды. Ғылыми зерттеулерде көрсетілгендей, ауыл шаруашылығы кәсіпорындарының ұзақ мерзімді бәсекеге қабілеттілігі олардың ресурстарды тиімді пайдалануына және инновацияларды енгізу деңгейіне байланысты қалыптасады [5].

Егер осы факторлардың барлығы үйлесімді түрде дамитын болса, онда ауыл шаруашылығы өндірісінің тиімділігі айтарлықтай артады.

Павлодар облысында бұл бағытта белгілі бір нәтижелерге қол жеткізілгенімен, әлі де шешімін қажет ететін мәселелер бар. Соның ішінде топырақ құнарлылығын сақтау, су ресурстарын тиімді пайдалану және өндірістік тәуекелдерді төмендету маңызды.

Алдағы уақытта инновациялық технологияларды кеңінен енгізу, ресурстарды тиімді пайдалану және өндірісті ғылыми

негізде ұйымдастыру арқылы өсімдік шаруашылығының бәсекеге қабілеттілігін арттыруға болады.

Бұл шаралар өңірдің аграрлық секторын жаңа деңгейге көтеріп, оның экономикалық тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 OECD. Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2025: Kazakhstan. – Paris : OECD Publishing, 2025. – 120 p.

2 Павлодар облысында ауыл шаруашылығы айналымына 42 мың гектардан астам жер қайтарылды [Электрондық ресурс]. – URL: https://agroinfo.kz/v-pavlodarskoj-oblasti-v-selxozoborot-vozvrashheno-bolee-42-tysyach-gektarov/ (қаралған күні: 10.03.2026).

3 Longmire, J., Moldashev, A. Changing Structure of Kazakhstan Agriculture. – Mexico : CIMMYT, 1999. – 35 p.

4 Lukhmanova, G. K. Innovative development of agriculture in Kazakhstan // Revista Espacios. – 2019. – Vol. 40, No. 26. – P. 1–10.

5 Сүлейменов, М. К. Сберегающее земледелие Северного Казахстана // Новости науки Казахстана. – 2013. – № 4. – С. 9–27.

6 Petrick, M. Farm Restructuring and Agricultural Recovery in Kazakhstan. – Halle : IAMO, 2011. – 45 p.

7 Бараев, А. И., Сүлейменов, М. К., Госсен, Э. Ф. Почвозащитное земледелие. – Алматы : Ғылым, 2008. – 320 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОРТОИСПЫТАНИЕ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА В УСЛОВИЯХ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

МУСТАФА Д. М.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
УАХИТОВ Ж. Ж.
профессор,Торайгыров университет, г. Павлодар

Подсолнечник в современных условиях занимает одно из ведущих мест среди масличных культур благодаря высокой хозяйственной ценности, универсальности использования и способности формировать экономически значимую урожайность в зонах недостаточного увлажнения. Для Казахстана эта культура представляет особый интерес в связи с расширением посевных площадей масличных культур и необходимостью диверсификации растениеводства. В Павлодарской области значение подсолнечника

возрастает в связи с поиском культур, способных обеспечивать стабильную продуктивность в условиях резко континентального климата, ограниченного количества осадков и высокой изменчивости погодных условий по годам. Для области характерно около 245–300 мм осадков в год, при этом климат отличается выраженной континентальностью и частыми засушливыми периодами, что делает вопрос подбора адаптированных сортов и гибридов особенно актуальным [1].

В таких условиях решающее значение приобретает не только потенциальная урожайность гибрида, но и его экологическая приспособленность. Именно поэтому экологическое сортоиспытание подсолнечника следует рассматривать как важный элемент адаптивного земледелия. Его основная задача заключается в сравнительной оценке сортов и гибридов в конкретной природной зоне по комплексу хозяйственно ценных признаков: скороспелости, продолжительности вегетационного периода, устойчивости к абиотическим и биотическим стрессам, урожайности, масличности, массе 1000 семян и сбору масла с единицы площади. Нормативную основу такого подхода задают правила проведения сортоиспытания сельскохозяйственных растений, действующие в Республике Казахстан, где испытание рассматривается как обязательный этап оценки хозяйственной полезности сорта или гибрида для конкретных зон возделывания [2].

Для Павлодарской области экологическое сортоиспытание имеет особое значение еще и потому, что регион находится на стыке степных и лесостепных условий, близких по ряду агроклиматических параметров к югу Западной Сибири. Это позволяет привлекать для научного анализа результаты исследований, выполненных в Омской области, Новосибирской области и Алтайском крае. Опыт этих территорий важен не только из-за сходства континентальности климата, но и из-за общей проблемы: подсолнечник здесь должен не просто дать высокий урожай, а успеть сформировать его в ограниченный по теплу и влаге период, сохранив при этом удовлетворительную масличность и технологические качества семян.

Среди исследователей, реально занимавшихся этой проблемой в Западной Сибири, прежде всего следует назвать А.Н. Пузикова и Ю.Н. Суворову, работавших на Сибирской опытной станции — филиале ВНИИМК в Исилькуле Омской области. На официальном сайте станции указано, что лаборатория селекции, семеноводства и агротехники подсолнечника занимается созданием

высокопродуктивных скороспелых сортов подсолнечника масличного и кондитерского направлений, устойчивых к основным патогенам, а среди выведенных здесь сортов названы Сибирский-91, Сибирский-97, Вектор, Иртыш, Успех, Варяг, Баловень и Сибирский-12. Для станции в целом одной из главных задач с момента основания было создание новых сортов масличных культур именно для условий Западной Сибири и Северного Казахстана, что делает её исследования особенно значимыми для обоснования выбора исходного материала и для Павлодарской области [3].

Работы омских исследователей показывают, что в сибирских условиях приоритет должен отдаваться скороспелым и устойчивым формам. Так, в статье Ю.Н. Суворовой 2022 года, посвящённой отбору и оценке крупноплодного подсолнечника для условий Западной Сибири, прямо отмечается, что селекция подсолнечника в Сибири направлена прежде всего на создание скороспелых продуктивных генотипов, устойчивых к патогенам. В этой же работе указано, что опыты проводились в южной лесостепной зоне Западной Сибири, а годы исследований существенно различались по увлажнению: от очень засушливых с гидротермическим коэффициентом 0,40–0,68 до влажных лет с ГТК 1,41. Автор подчеркивает, что благоприятными районами для культуры являются лесостепные районы Омской области, южная лесостепь Новосибирской области, а также приобские лесостепные и предгорные районы Алтайского края. Такой вывод особенно ценен для Павлодарской области, поскольку её агроклиматические условия также требуют подбора скороспелых и пластичных генотипов [4].

Особое значение имеют исследования А.Н. Пузикова и Ю.Н. Суворовой по сортам, адаптированным к Западной Сибири. В публикации о сорте подсолнечника Варяг показано, что новый раннеспелый сорт в условиях южной лесостепи Западной Сибири превысил контрольный сорт Иртыш по урожайности семян на 0,63 т/га и по сбору масла на 291 кг/га. Авторы также отмечают иммунитет сорта к ложной мучнистой росе и подсолнечной моли, хорошую адаптацию к природным условиям Западной Сибири и пригодность к механизированному возделыванию. Эти данные демонстрируют, что именно сочетание раннеспелости, устойчивости и стабильной продуктивности должно служить главным ориентиром и при подборе материала для Павлодарской области [5].

Другим важным направлением исследований в Омской области стала проблема получения качественных гибридных

семян подсолнечника. Этим вопросом занимался А.С. Байманов, защитивший в Исилькуле диссертацию «Приемы получения высококачественных семян гибридов подсолнечника в Западной Сибири». В его работе и последующих публикациях рассматривались особенности семеноводства гибридов подсолнечника, влияние элементов технологии выращивания на выход кондиционных семян и экономическую эффективность таких приёмов в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Для темы экологического сортоиспытания это важно потому, что вопрос адаптации гибрида неразрывно связан не только с урожайностью, но и с качеством семенного материала, его посевными свойствами и устойчивостью к местным условиям воспроизводства [6].

Существенный интерес для расширения статьи представляют также исследования по Новосибирской области, особенно по югу Западной Сибири. В 2025 году Д.И. Салита и И.В. Андреева опубликовали результаты испытания трёх технологий возделывания подсолнечника в Баганском районе Новосибирской области в 2021–2022 годах. В статье показано, что главным лимитирующим фактором урожайности в этих условиях является недостаток осадков. В более благоприятном 2021 году урожайность гибридов составляла 1,92–2,28 т/га, тогда как в очень сухом 2022 году снижалась до 0,42–1,3 т/га; при этом масличность семян исследованных гибридов сохранялась на уровне 50–53 %. Для нас особенно важно то, что авторы подтвердили решающую роль влагообеспеченности и необходимость учитывать не только генетический потенциал гибрида, но и его реакцию на погодные колебания, что полностью соответствует задачам экологического сортоиспытания в Павлодарской области [7].

Опыт Алтайского края также представляет большую научную ценность. В статье Н.И. Шевчук и С.В. Жарковой, опубликованной в 2024 году в «Вестнике Алтайского государственного аграрного университета», приведены результаты оценки пяти гибридов подсолнечника в Бийско-Чумышской зоне Алтайского края. Авторы установили, что гибриды Синтез и Союз были скороспелыми с продолжительностью вегетационного периода 81–85 суток, а наивысшую среднюю урожайность за два года сформировали гибриды Сузука HTS — 2,77 т/га и Си Арко — 2,70 т/га. Особенно важно замечание авторов о том, что отдельные гибриды способны формировать урожай в достаточно короткий срок независимо от погодных условий. Для Павлодарской области, где раннее

завершение вегетации может иметь решающее значение из-за рисков позднелетней засухи и раннеосеннего похолодания, этот вывод имеет прямое практическое значение [8].

Кроме опубликованных статей, в Алтайском ГАУ продолжаются и текущие полевые испытания перспективных гибридов. По данным официального сайта университета, на Учебно-опытной станции проводились сравнительные испытания новых гибридов подсолнечника; руководителем исследований выступал Дмитрий Пугач, а ответственный исполнитель Ольга Черепанова подчеркивала необходимость оценки устойчивости гибридов к неблагоприятным погодным факторам, восприимчивости к патогенам, продолжительности вегетационного периода, продуктивности растений и качества маслосемян. Сам факт такой постановки опыта ещё раз подтверждает, что современное сортоиспытание подсолнечника выходит за рамки одного показателя урожайности и носит комплексный, экологически ориентированный характер.

Нельзя не отметить и исследования, непосредственно связанные с северо-востоком Казахстана. В статье Kumarbek Urumbayev, Vladimir Miklič, Ulan Almishev и Jelena Ovuka, опубликованной в журнале *Helia* в 2017 году, были испытаны 10 гибридов подсолнечника в трёх агроклиматических зонах северо-востока Казахстана. Авторы оценивали длину вегетационного периода, ростовые показатели, урожайность, масличность, сбор масла с гектара, массу 1000 семян и натуру семян. По итогам работы были выделены две перспективные локации для возделывания гибридов — в Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях, а также отмечена необходимость дальнейшей разработки технологии семеноводства перспективных гибридов в Павлодарском регионе. Это исследование особенно важно, поскольку напрямую подтверждает перспективность экологического отбора гибридов именно для условий Павлодарской области [2].

Следовательно, анализ работ, выполненных в Омске, Исилькуле, Новосибирской области, Барнауле и северо-востоке Казахстана, показывает общую закономерность: в условиях континентального климата и ограниченного увлажнения наибольшую ценность имеют не просто высокоурожайные, а скороспелые, пластичные и устойчивые гибриды, способные формировать стабильный урожай в разные по погоде годы. Для Павлодарской области это означает, что в программу экологического сортоиспытания

целесообразно включать гибриды раннеспелой и среднеранней групп спелости, уделяя особое внимание длине вегетационного периода, сохранности растений, масличности, реакции на дефицит влаги и устойчивости к наиболее вероятным патогенам.

С практической точки зрения экологическое сортоиспытание в Павлодарской области должно быть направлено на выявление таких генотипов, которые смогут максимально эффективно использовать весенние запасы влаги, быстро проходить ранние этапы органогенеза, формировать хорошо выполненную корзинку и обеспечивать приемлемый сбор масла даже при неблагоприятном гидротермическом режиме. В отличие от обычного производственного сравнения, экологическое испытание позволяет оценить стабильность признаков по годам и тем самым уменьшить риск ошибочного выбора гибрида только по одному благоприятному сезону. Именно это особенно важно для хозяйств региона, где урожайность нередко определяется не только уровнем агротехники, но и характером погодных отклонений в критические фазы вегетации [9].

Таким образом, экологическое сортоиспытание подсолнечника в условиях Павлодарской области следует рассматривать как научно и практический обоснованный инструмент подбора адаптированных сортов и гибридов. Реальные исследования, выполненные в Омской области, южной лесостепи Западной Сибири, Новосибирской области, Алтайском крае и северо-востоке Казахстана, подтверждают, что успех возделывания подсолнечника в подобных регионах определяется сочетанием скороспелости, устойчивости к стрессам, пластичности и способности сохранять продуктивность в контрастных погодных условиях. Следовательно, расширение и углубление экологического сортоиспытания в Павлодарской области является необходимым условием повышения устойчивости масличного производства и более полного использования агроклиматического потенциала региона.

ЛИТЕРАТУРА

1 Казгидромет. Павлодарская область: климатическая характеристика. – Среднегодовое количество осадков 245–300 мм, резко континентальные условия региона.

2 Urumbayev K., Miklič V., Almishev U., Ovuka J. Testing of Some NS-Sunflower Hybrids in the Northeast of Kazakhstan // *Helia*. – 2017. – Vol. 40, No. 67. – P. 211–222.

3 Сибирская опытная станция – филиал ВНИИМК: направления селекции подсолнечника для Западной Сибири и Северного Казахстана.

4 Суворова Ю.Н. Особенности отбора и оценки крупноплодного подсолнечника кондитерского назначения для условий Западной Сибири // *Масличные культуры*. – 2022. – Вып. 2 (190). – С. 36–45.

5 Пузиков А.Н., Суворова Ю.Н. Испытание сортов подсолнечника в условиях южной лесостепи Западной Сибири.

6 Байманов А.С. Приемы получения высококачественных семян гибридов подсолнечника в Западной Сибири: дис. … канд. с.-х. наук. – Исилькуль, 2011.

7 Salita D.I., Andreeva I.V. Sunflower hybrid yields depending on the cultivation technology and conditions in the south of Western Siberia // *Siberian Herald of Agricultural Science*. – 2025. – 55(11). – P. 67–76.

8 Шевчук Н.И., Жаркова С.В. Гибриды подсолнечника в условиях Бийско-Чумышской зоны Алтайского края // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2024. – № 10 (240). – С. 42–46.

9 Об утверждении Правил проведения сортоиспытания сельскохозяйственных растений Республики Казахстан. – Нормативный правовой акт РК.

РОЛЬ МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

ТУКИНОВ Р. Я.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар
УАХИТОВ Ж. Ж.
профессор, Торайгыров университет, г. Павлодар
СЕЙТХАНОВА К. К.
старший преподаватель, Торайгыров университет, г. Павлодар

Вопрос продовольственной безопасности в современных условиях приобретает всё более актуальное значение, особенно для стран с засушливыми регионами, к которым относится Казахстан. Стабильное производство сельскохозяйственной продукции напрямую зависит от рационального использования природных ресурсов, прежде всего почвы и влаги. В этой связи внедрение ресурсосберегающих технологий, таких как минимальная обработка почвы, играет важную роль в обеспечении устойчивости аграрного

сектора. Снижение потерь влаги, сохранение плодородия почв и повышение стабильности урожайности подсолнечника позволяют уменьшить зависимость производства от неблагоприятных погодных условий и тем самым укрепляют продовольственную безопасность страны. По данным Food and Agriculture Organization, устойчивые агротехнологии рассматриваются как один из ключевых инструментов обеспечения глобальной продовольственной безопасности и адаптации сельского хозяйства к климатическим изменениям.

Подсолнечник в последние годы становится одной из наиболее значимых масличных культур в структуре растениеводства Казахстана. Расширение его посевных площадей связано не только с экономической привлекательностью культуры, но и с её относительной пластичностью к условиям выращивания. Особенно активно подсолнечник внедряется в северных регионах страны, включая Павлодарскую область, где он всё чаще занимает значительную долю в севооборотах.

Вместе с тем развитие растениеводства в данных регионах сопровождается рядом ограничивающих факторов. Одним из наиболее существенных является дефицит влаги, который в условиях резко континентального климата усиливается высокой испаряемостью и неравномерным распределением осадков. Дополнительное влияние оказывают ветровые процессы, способствующие развитию эрозии, а также постепенное снижение содержания органического вещества в почвах.

Следует отметить, что при увеличении антропогенной нагрузки на агроландшафты процессы деградации почв ускоряются. В первую очередь это проявляется в разрушении агрегатной структуры, снижении водопроницаемости и ухудшении влагонакопления. В результате почвы теряют свою продуктивность, что непосредственно отражается на урожайности сельскохозяйственных культур.

Традиционная система обработки почвы, основанная на глубокой вспашке, в таких условиях всё чаще демонстрирует ограниченную эффективность. Несмотря на её агротехнические преимущества, она приводит к разрушению почвенной структуры, ускоренному испарению влаги и увеличению энергетических затрат. Кроме того, частая вспашка способствует минерализации органического вещества, что в долгосрочной перспективе снижает плодородие почвы.

В этой связи возникает необходимость поиска более адаптивных технологий, способных обеспечить устойчивость

агросистем. Минимальная обработка почвы рассматривается как одно из таких решений. В научной литературе она описывается как промежуточная система между традиционной и нулевой обработкой, сочетающая снижение механического воздействия с сохранением агрономической эффективности [1].

Целью настоящей работы является обобщение и анализ данных о роли минимальной обработки почвы при выращивании подсолнечника, а также оценка её применимости в условиях Павлодарской области.

Павлодарская область расположена в зоне сухой степи и характеризуется резко континентальным климатом, для которого типичны значительные температурные амплитуды и недостаточное увлажнение. Среднегодовое количество осадков составляет около 250–300 мм, при этом их распределение по сезонам неравномерно, что создаёт дополнительные сложности для сельскохозяйственного производства [2–4].

Особенностью региона является высокая испаряемость, которая зачастую превышает количество поступающей влаги. Это приводит к формированию устойчивого дефицита влаги в почве, особенно в период активной вегетации растений. В отдельные годы наблюдаются засушливые периоды, которые могут существенно снижать урожайность сельскохозяйственных культур.

Кроме того, регион подвержен воздействию сильных ветров, которые усиливают процессы дефляции. Ветровая эрозия приводит к выдуванию мелкодисперсных частиц почвы, содержащих наибольшее количество органического вещества и питательных элементов. В результате происходит обеднение почвенного покрова и снижение его плодородия [5].

Почвенный покров Павлодарской области представлен преимущественно каштановыми и светло-каштановыми почвами. Эти почвы формируются в условиях ограниченного увлажнения и характеризуются сравнительно низким содержанием гумуса, слабой структурной устойчивостью и высокой чувствительностью к механическому воздействию [6,7]. В северной части области встречаются чернозёмы, которые обладают более высоким уровнем плодородия. Однако их площадь ограничена, и основная часть сельскохозяйственных угодий приходится именно на каштановые почвы. В условиях интенсивной обработки такие почвы быстро теряют структуру, что приводит к ухудшению их водно-физических свойств. В частности, уменьшается водопроницаемость,

увеличивается плотность сложения и усиливается испарение влаги. Всё это негативно сказывается на развитии растений и формировании урожая.

Минимальная обработка почвы представляет собой технологический подход, при котором глубина и интенсивность механического воздействия на почву сокращаются до технологически оправданного уровня. Основное её отличие от традиционной обработки заключается в уменьшении числа операций и сохранении растительных остатков на поверхности поля. Такой подход позволяет снизить разрушительное воздействие на почвенный покров и сохранить его естественную структуру. При этом создаются более благоприятные условия для функционирования почвенных процессов, включая накопление органического вещества и развитие микробиологической активности. Сохранение растительных остатков на поверхности почвы играет важную роль в обеспечении устойчивости агроэкосистем. Они выполняют функцию защитного слоя, который снижает испарение влаги, уменьшает температурные колебания и защищает почву от эрозии.

Кроме того, уменьшение количества механических операций способствует снижению уплотнения почвы. Это особенно важно в условиях применения тяжёлой сельскохозяйственной техники, которая при многократных проходах может значительно ухудшать физическое состояние почвы.

Следует также отметить, что минимальная обработка почвы способствует снижению затрат на производство. Сокращение числа операций уменьшает расход топлива и трудовых ресурсов, что повышает экономическую эффективность технологии.

Применение минимальной обработки почвы приводит к постепенному изменению её свойств. Одним из наиболее заметных эффектов является улучшение структуры почвы. Это связано с тем, что при уменьшении механического воздействия сохраняются природные агрегаты.

С течением времени в почве увеличивается содержание органического вещества, что положительно влияет на её плодородие. Растительные остатки, остающиеся на поверхности, постепенно разлагаются и служат источником питательных веществ.

Также наблюдается повышение биологической активности почвы. Увеличивается численность микроорганизмов и почвенной фауны, что способствует более активному протеканию процессов разложения органического вещества.

Эти изменения носят накопительный характер и проявляются при длительном применении технологии. В результате почва становится более устойчивой к неблагоприятным факторам внешней среды.

В условиях сухостепной зоны именно обеспеченность растений влагой во многом определяет конечный результат — формирование урожая. Для регионов, подобных Павлодарской области, где осадки ограничены и распределяются неравномерно, способность почвы накапливать и удерживать влагу становится одним из ключевых факторов эффективности земледелия.

При традиционной системе обработки почвы значительная часть влаги теряется уже на начальных этапах, прежде всего из-за интенсивного рыхления и последующего испарения. В отличие от этого, минимальная обработка действует более «бережно» по отношению к почве. За счёт сокращения механического воздействия верхний слой меньше разрушается, а значит, медленнее теряет влагу. Особенно заметен этот эффект в весенне-летний период, когда испарение достигает максимальных значений.

Дополнительную роль играет сохранение растительных остатков на поверхности поля. Они создают своего рода защитный экран, который снижает нагрев почвы и уменьшает испарение влаги. Кроме того, такая «мульча» способствует более равномерному распределению влаги после осадков и препятствует образованию почвенной корки.

Не менее важно и то, что при минимальной обработке улучшается структура почвы. Она становится более рыхлой в агрономическом смысле, лучше пропускает воду и при этом удерживает её в доступной для растений форме. Благодаря этому даже небольшое количество осадков используется более эффективно. Как показывают исследования, запасы продуктивной влаги при такой системе могут быть выше, чем при традиционной вспашке [9].

Для подсолнечника это имеет особое значение. Несмотря на развитую корневую систему, на ранних этапах роста культура достаточно чувствительна к недостатку влаги. Если в этот период условия неблагоприятные, растения отстают в развитии, что впоследствии отражается на формировании урожая. Минимальная обработка позволяет сгладить этот эффект и создать более стабильные условия для начального роста.

В результате растения развиваются более равномерно, лучше переносят кратковременные засушливые периоды и в целом

проявляют большую устойчивость к стрессовым факторам. Это особенно важно в условиях нестабильного климата, когда погодные условия могут резко меняться в течение вегетационного периода.

По данным ряда исследований, применение ресурсосберегающих технологий, включая минимальную обработку почвы, способствует не только сохранению влаги, но и повышению урожайности подсолнечника в условиях ограниченного водообеспечения [10]. При этом эффект проявляется не всегда сразу, а усиливается по мере накопления положительных изменений в почве.

Таким образом, можно говорить о том, что минимальная обработка почвы влияет на урожайность не напрямую, а через улучшение водного режима и общее состояние почвы. Именно это делает её особенно актуальной для засушливых регионов.

Минимальная обработка почвы является эффективным элементом ресурсосберегающих технологий земледелия. Её применение позволяет снизить нагрузку на почву, сохранить влагу и повысить устойчивость агроэкосистем.

Для Павлодарской области данная технология имеет особое значение. В условиях засушливого климата и уязвимых почв её использование способствует сохранению плодородия и повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

Таким образом, минимальная обработка почвы может рассматриваться как одно из перспективных направлений развития устойчивого земледелия в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1 Aksyonov I. Use of Minimum Tillage in Sunflower Growing Systems. – 2010.

2 Павлодар облысы: физико-географическая характеристика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://qazaqgeography.kz/ru/pavlodar-oblysy-211567 (дата обращения: 13.03.2026).

3 Климат Павлодара [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Климат, погода по месяцам, средняя температура в Павлодар (Казахстан) - Weather Spark (дата обращения: 13.03.2026).

4 Казгидромет. Климатические ресурсы Павлодарской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kazhydromet.kz (дата обращения: 14.03.2026).

5 Жакиева А.Р. Агроклиматические ресурсы Павлодарской области. – Павлодар, 2017.

6 Могилюк С.В., Поух М.М. Экология Павлодарской области. – Павлодар: ЭКО, 2019. – 84 с. ISBN 978-601-284-325-5

7 Каштановые почвы [Электронный ресурс] https://direct.farm/post/kashtanovyye-pochvy-zony-rayonirovaniya-4950 . дата обращения: 10.03.2026).

8 Derpsch R. et al. No-tillage and conservation agriculture: a progress report //No-till farming systems. Special publication. – 2008. – Т. 3. – С. 7-39.

9 Насиев Б.Н. Технология обработки почвы и накопление влаги. – 2025.

10 Sher A. et al. Conservation tillage improves productivity of sunflower (Helianthus annuus L.) under reduced irrigation on sandy loam soil //Plos one. – 2021. – Т. 16. – №. 12. – С. e0260673.

Секция 9
Ветеринария және зоотехнологиядағы инновациялар
Инновации в зоотехнологиях и ветеринарии

ҚОЙЛАРДЫ АЗЫҚТАНДЫРУДЫҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ

АЛИМОВА Ж. К.
магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
БУРАМБАЕВА Н. Б.
а/ш.ғ.к., профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
ТЕМИРЖАНОВА А. А.
а/ш.ғ.к., профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
АБЕЛЬДИНОВ Р. Б.
а/ш.ғ.к., профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
АТЕЙХАН Б.
PhD, қауымд. профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
ТИТАНОВ Ж. Е.
PhD, қауымд. профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Қой – күйіс қайыратын мал, асқазаны төрт бөлімнен: месқарын, тақия қарын, жалбыршақ қарын және ұлтабардан тұрады. Осы ерекшелік олардың азықты жақсы қорытуына және ірі азықтарды, яғни пішен мен жайылым шөбін тиімді пайдалануына мүмкіндік береді. Ғылыми деректер бойынша жануарлар қоректенетін 800 түрлі өсімдіктің 520-дан астам түрін қойлар пайдалана алады.

Сондықтан төрт түліктің ішінде қой ең көп өсімдік түрімен қоректенетін мал болып саналады.

Қойларды азықтандыруда ең бастысы – рационның теңгерімді болуы. Рацион құрамында энергия, сапалы ақуыз, жасұнық, минералды заттар (кальций, фосфор, күкірт, мырыш, мыс) және дәрумендер жеткілікті мөлшерде болуы қажет. Қой шаруашылығында өсімдік текте азықтардың орны ерекше. Оларға көк азықтар, ірі азықтар (шөп, сабан), шырынды азықтар (сүрлем, тамыржемістер), бұршақ тұқымдас өсімдіктер жатады. Сонымен қатар минералдық қоспалар да қолданылады.

Жайылым кезеңінде көк азықтар қой рационының негізгі бөлігін құрайды. Ол организмдегі зат алмасуды жақсартып, жүн талшығының өсуіне оң әсер етеді. Ал ірі азықтар қарын микрофлорасын тұрақтандырып, қыс мезгілінде негізгі қорек көзі болып табылады. Сондықтан сапалы пішен барлық тұқымдағы қойлар үшін ең маңызды азық болып саналады.

Қой азықтарының түрлері және олардың маңызы. Қойларды азықтандыруда қолданылатын негізгі азықтарға пішен, сабан, сүрлем және жем жатады. Пішен сапалы және жеткілікті болған жағдайда басқа қосымша азықтардың қажеттілігі азаяды. Алайда барлық шөптің сапасы бірдей болмайды. Мысалы, жоңышқа мен қолдан егілген бұршақ тұқымдас шөптер қоректілігі жағынан кейбір дәнді азықтардан да жоғары болып келеді.

Жоңышқа – қойлар үшін ең құнарлы азықтардың бірі. Гүлдену алдында шабылып жиналған жоңышқаның 1 килограмында шамамен 80–100 грамға дейін ақуызы болады. Сонымен қатар оның құрамында кальций мен фосфор сияқты минералды заттар көп. Сондықтан жоңышқа әсіресе өсіп келе жатқан төлдерге, буаз қойларға және қозылы саулықтарға өте пайдалы.

Қойларды азықтандыруда сабан да белгілі бір мөлшерде пайдаланылады. Мысалы, жасы толған қошқарларға күндік рационның 60–70 пайызына дейін сабан беруге болады. Қыстың алғашқы айларында буаз қойларға және 8–9 айлық тоқтыларға басқа азықтармен бірге күніне 400–500 грамм сабан беруге рұқсат етіледі. Бірақ буаз қойдың қоздауына 2–2,5 ай қалғанда сабан беруді тоқтату қажет.

Азықтандырудың жүн сапасына әсері. Қойдың жүн сапасы оның дұрыс азықтандырылуына тікелей байланысты. Егер қойлар сапалы және теңгерімді азықпен қамтамасыз етілсе, жүн талшықтары жақсы өсіп, ұзын, берік және біркелкі болады. Ал

қоректік заттар жеткіліксіз болған жағдайда жүннің өсуі баяулап, талшықтары әлсіреп, сапасы төмендейді.

Жүн негізінен кератин деп аталатын ақуыздан тұрады. Сондықтан қой рационында ақуыздың жеткілікті болуы өте маңызды. Ақуыз жетіспеген жағдайда жүн талшықтары жұқарып, сынғыш келеді. Ақуызға бай азықтарға жоңышқа, бұршақ тұқымдас шөптер, күнжара және сапалы жемдер жатады.

Жүн талшығының құрамында күкірт те маңызды рөл атқарады. Кератин құрамындағы күкірт жүннің беріктігі мен серпімділігіне әсер етеді. Жүн құрамындағы күкірт мөлшері жоғары болған сайын оның технологиялық қасиеттері де жақсы болады. Сонымен қатар қой организмінде түзілмейтін цистин амин қышқылы жүн талшығының қалыптасуына қажет. Сондықтан бұл зат азық арқылы жеткізілуі тиіс.

Минералды заттар да жүн сапасына үлкен әсер етеді. Мысалы, күкірт жүн талшығының қалыптасуына қатысады, мыс жүннің түсі мен беріктігін жақсартады, ал мырыш тері мен жүннің дұрыс өсуіне қажет. Кальций мен фосфор организмдегі зат алмасуды реттеп, жүннің сапасын арттырады.

Саулықтарды азықтандыру ерекшеліктері. Қойдан сапалы жүн және мол өнім алу үшін саулықтарды дұрыс азықтандыру қажет. Саулықтардың азықтандыру деңгейі күйекке түсерден 1–1,5 ай бұрын күшейтіледі. Олардың күйін жақсарту үшін азық рационында жеткілікті мөлшерде энергия мен протеин болуы керек.

Буаз саулықтарды мүмкіндігінше жайылымда бағып, тірі салмағы 50–60 кг болатын қойларға тәулігіне 2–3 кг ірі азық және 1–2 кг шырынды азық беріледі. Буаздықтың соңғы кезеңінде қосымша жем мөлшері 400–500 грамға дейін көбейтіледі. Бұл болашақ қозының дұрыс дамуына және саулықтың сүттілігінің жоғары болуына ықпал етеді.

Қойдың ет сапасына азықтандырудың әсері. Қойдың ет сапасы оның азықтандырылуына тікелей байланысты. Егер рационда энергия мен ақуыз жеткілікті болса, қойлар тез өсіп, жақсы салмақ қосады. Мұндай жағдайда алынатын ет жұмсақ, дәмді және құнарлы болады.

Ет бағытындағы қойларды азықтандыруда жайылым шөбі, сапалы пішен, сүрлем және құрама жемдер кеңінен қолданылады. Қыс мезгілінде жоңышқа, бидайық сияқты сапалы шөптер мен арпа, сұлы, жүгері секілді дәнді жемдер пайдаланылады. Бордақылау кезінде жоғары калориялы жемдер қолданылып, қойлардың тез салмақ қосуына жағдай жасалады.

Тоқтыларды азықтандыру ерекшеліктері. Тоқтыларды дұрыс азықтандыру олардың жақсы өсуі мен дамуын қамтамасыз етеді. Қозылардың алғашқы айдағы негізгі азығы – ене сүті. Сонымен қатар оларды ерте жастан бастап сапалы пішенге, жемге және минералды қоспаларға үйретеді.

Екінші айдан бастап қозылар тәулігіне шамамен 100 г жем, 150–200 г сапалы пішен және 200–250 г сүрлем жей алады. Үшінші және төртінші айларда бұл мөлшер біртіндеп көбейтіледі. Ал 4–8 ай аралығында тоқтылар жақсы жайылым шөбімен және 200–300 г қосымша жеммен қамтамасыз етіледі.

Жақсы азықтандырылған тоқтылар тәулігіне 120–150 грамға дейін салмақ қосуы мүмкін. Бұл олардың болашақта жоғары өнімді мал болып қалыптасуына мүмкіндік береді.

Қойды азықтандыру кезіндегі дәрумендердің де алатын орны ерекше. Қойларды азықтандыруда дәрумендердің маңызы өте зор. Дәрумендер мал организміндегі көптеген физиологиялық процестерге қатысып, өсуіне, дамуына, жүн мен ет сапасының жақсаруына әсер етеді. Егер рационда дәрумендер жеткілікті болса, қойлардың денсаулығы жақсы болып, өнімділігі артады. Ал дәрумендердің жетіспеуі немесе артық болуы мал организміне кері әсер етуі мүмкін. А дәрумені (ретинол) қойлардың көру қабілетіне, өсуіне және иммундық жүйесінің қалыпты жұмыс істеуіне қажет. Бұл дәрумен тері мен жүннің саулығын сақтауға көмектеседі. А дәрумені көбіне көк шөпте, жоңышқада, сәбізде және сапалы пішенде кездеседі. Егер қой организмінде А дәрумені жетіспесе, олардың көру қабілеті нашарлап, өсуі баяулайды, иммунитеті әлсірейді. Ал шамадан тыс мөлшерде қабылданса, малдың тәбеті төмендеп, улану белгілері байқалуы мүмкін.

D дәрумені кальций мен фосфордың алмасуын реттеп, сүйек жүйесінің дұрыс дамуына ықпал етеді. Бұл дәрумен әсіресе жас төлдер үшін маңызды, өйткені олардың сүйектері әлі қалыптасу кезеңінде болады. D дәрумені күн сәулесінің әсерінен организмде түзіледі, сонымен қатар кейбір азықтарда кездеседі. Егер бұл дәрумен жетіспесе, малда сүйек әлсіздігі, рахит сияқты аурулар пайда болуы мүмкін. Ал артық мөлшерде болған жағдайда кальций алмасуы бұзылып, организмге зиян тигізуі ықтимал.

Е дәрумені қойлардың бұлшық еттерінің дамуына және көбею қабілетіне әсер етеді. Ол антиоксидант ретінде организмді зиянды заттардан қорғайды. Бұл дәрумен жасыл өсімдіктерде, дәнді дақылдарда және өсімдік майларында кездеседі. Е дәрумені

жетіспеген жағдайда бұлшық ет әлсіздігі, өсу баяулауы және көбею көрсеткішінің төмендеуі байқалады. Ал шамадан тыс қабылдау сирек кездескенімен, кей жағдайда зат алмасудың бұзылуына әкелуі мүмкін.

В тобының дәрумендері қой организміндегі энергия алмасуына, жүйке жүйесінің жұмысына және қан түзілуіне қатысады. Күйіс қайыратын малдардың қарнында микроорганизмдер В дәрумендерін белгілі бір мөлшерде синтездей алады. Сондықтан олардың жетіспеушілігі сирек кездеседі. Дегенмен кей жағдайларда жетіспеушілік байқалса, малдың тәбеті төмендеп, әлсіздік пайда болады.

Қойды дұрыс азықтандыру жүн мен ет өнімділігін арттырудың негізгі шарты және қой шаруашылығының тиімділігін қамтамасыз етудің басты факторы болып табылады. Жалпы алғанда, дәрумендер қойлардың денсаулығын сақтауда және жоғары өнім алуда маңызды рөл атқарады. Сондықтан қойларды азықтандыру кезінде олардың рационында барлық қажетті дәрумендердің жеткілікті мөлшерде болуына ерекше көңіл бөлу қажет. Дұрыс мөлшерде берілген дәрумендер малдың өсуін жақсартып, жүн мен ет сапасының жоғары болуына ықпал етеді.

Қорытындылай келе, қой шаруашылығында жоғары өнім алу үшін малды дұрыс және теңгерімді азықтандыру аса маңызды. Сапалы азық қойлардың өсуін жақсартып, жүн талшығының ұзын әрі берік болуына, сондай-ақ еттің сапасының жоғары болуына ықпал етеді. Сондықтан қой рационында энергия, ақуыз, минералды заттар мен дәрумендер жеткілікті мөлшерде болуы тиіс. Дұрыс ұйымдастырылған азықтандыру қой шаруашылығының өнімділігін арттырудың негізгі факторларының бірі болып табылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Сәбденов Қ. С., Құлатаев Б. Т. Қой шаруашылығы және жүн, қаракөл мен қой етін өндіру технологиялары : оқу құралы. – Алматы: Агроуниверситет, 2009. – 327 бет.

2 Сәбденов Қ. Қой шаруашылығының технологиясы : оқулық. – Алматы, 2011. – 304 бет.

3 Бурамбаева Н.Б., Нұржанова К.Х., Ахметова Б.С. «Қой шаруашылығының практикумы» – Зоотехния мамандығы студенттеріне арналған оқу-әдістемелік құрал. – Алматы, 2009. – 164 бет.

4 Омбаев Ә., Шауенов С., Исламов Е., Құлатаев Б. Қой шаруашылығының тиімділігін арттыру : оқу құралы. – Алматы, 2010. – 280 бет.

5 Ерохин А. И. Овцеводство : учебник для вузов. – Москва: КолосС, 2004. – 479 бет.

6 Лушников В. П. Овцеводство и козоводство : учебник. – Москва: КолосС, 2006. – 400 бет.

ҚАЗАҚТЫҢ ҚЫЛШЫҚ ЖҮНДІ ҚҰЙРЫҚТЫ ҚОЙ ТҰҚЫМЫ ҚОЗЫЛАРЫНЫҢ ӨСУ ДИНАМИКАСЫ

АТЕЙХАН Б.
PhD, қауымдастырылған профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
БУРАМБАЕВА Н. Б.
а/ш.ғ.к., профессор , Торайғыров университеті, Павлодар қ.
ТЕМИРЖАНОВА А. А.
а/ш.ғ.к., профессор , Торайғыров университеті, Павлодар қ.
АБЕЛЬДИНОВ Р. Б.
а/ш.ғ.к., профессор , Торайғыров университеті, Павлодар қ.
ТИТАНОВ Ж.Е.
PhD, қауымдастырылған профессор, Торайғыров университеті, Павлодар қ.
ҚАЙРАМХАНҰЛЫ М.
магистрант, Торайғыров университеті, Павлодар қ.

Қазақстан Республикасында агроөнеркәсіптік кешенді дамыту шеңберінде мал шаруашылығы саласын қолдауға бағытталған бірқатар мемлекеттік бағдарламалар жүзеге асырылуда. Соның ішінде 2026–2030 жылдарға арналған мал шаруашылығын дамытудың кешенді жоспары саланың өндірістік әлеуетін арттыруға, өнім көлемін көбейтуге және экспорттық мүмкіндіктерін кеңейтуге бағытталған. Аталған жоспарға сәйкес республикадағы ауыл шаруашылығы жануарларының санын ұлғайту көзделген. Атап айтқанда, ұсақ мал басын (қой мен ешкі) 20,2 млн бастан 2030 жылға қарай 28 млн басқа дейін арттыру жоспарланып отыр. Бұл шаралар мал шаруашылығы өнімдерінің өндірісін көбейтуге, ішкі нарықты сапалы өніммен қамтамасыз етуге және саланың экономикалық тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді [1].

Қой шаруашылығын қазіргі жағдайда дамыту тек мал басының санын арттырумен шектелмей, сонымен қатар нарықта бәсекеге қабілетті өнім өндіруге бағытталған өндірістік үдерістерді жеделдетуді де қажет етеді. Саланың тиімділігін сипаттайтын маңызды көрсеткіштердің бірі – қозылардың тірі салмағы. Себебі бұл көрсеткіш ет өнімділігіне, малды етке өткізу мерзіміне, ұдайы

өсіру деңгейіне және шаруашылықтың жалпы экономикалық тиімділігіне тікелей әсер етеді [2,3].

Қозылардың туғаннан бастап енесінен айыруға дейінгі кезеңдегі тірі салмағының өзгеру динамикасын зерттеу маңызды ғылыми және өндірістік мәнге ие. Себебі дәл осы аралықта төлдің ең қарқынды өсу кезеңі өтеді және олардың болашақ өнімділік қасиеттерінің негізі қалыптасады. Өсу қарқынын талдау арқылы азықтандыру мен күтіп-бағу жағдайларының деңгейін, саулықтардың сүттілігін, сондай-ақ шаруашылықтағы технологиялық ерекшеліктер төлдің дамуын бағалауға әсер етеді. Қозылардың ерте жаста бірқалыпты әрі қарқынды дамуы олардың жоғары ет өнімділігіне және асыл тұқымдық сапасының қалыптасуына қол жеткізудің негізгі алғышарты болып саналады. Керісінше, өмірінің алғашқы айларында тірі салмақтың жеткілікті деңгейде артпауы төлдің жалпы биологиялық әлеуетінің төмендеуіне алып келіп, шаруашылық үшін экономикалық шығындардың туындауына себеп болуы мүмкін [4,5].

Ғылыми зерттеу жұмыстары барсында Павлодар облысының «АқБас-Павлодар» ЖШС» ШҚ және «Ардақ» ШҚ-да өсірілетін қазақтың құйрықты қылшық жүнді қой тұқымы қозыларының туғандағы және енесінен айыруға дейінгі аралықтағы (4–4,5 ай) өсіп дамуы зерттелді. Зерттеу жұмысына әрбір шаруашылықтан 60 бастан еркек және ұрғашы қозылар таңдалды. Зерттеу топтарына клиникалық тұрғыда сау, физиологиялық дамуы қалыпты, бір мезгілде туған қозылар қамтылды. Қозылардың тірі салмағы туған кезінде және 4–4,5 айлық жасында электрондық таразылар көмегімен таңертеңгі азықтандыру алдында өлшенді. Алынған мәліметтер негізінде абсолюттік және орташа тәуліктік салмақ өсімі есептелді. Абсолюттік өсімі тірі салмақтың бастапқы және соңғы мәндерінің айырмасы ретінде, ал орташа тәуліктік өсім зерттеу кезеңінің ұзақтығына бөліну арқылы анықталды.

Қой шаруашылығының тиімділігінің негізгі факторларының бірі қозылардың өсу қарқыны болып табылады, өйткені ол ет өндіруді, етке өткізу мерзімін, шаруашылықтың экономикалық тиімділігін тікелей анықтайды. Қозылардың тірілей салмағының өсуінің ерте кездегі көрсеткіші тек тұқымның генетикалық мүмкіндіктерін ғана емес, сонымен қатар азықтандыру деңгейін, азақтандыру жағдайын, саулықтардың сүт өнімділігін, табынның ветеринарлық-санитарлық жағдайын көрсетеді [6]. Салмақ өсімінің салыстырмалы зерттеулері жыныстық диморфизмді объективті бағалауға және өсу қарқынының айырмашылығын анықтауға

мүмкіндік береді, бұл асыл тұқымды малды таңдауды жоспарлау және азық рационын әзірлеу үшін маңызды [7]. Алынған нәтижелер қозылардың өсуі мен дамуына тұқымдық, жыныстық және шаруашылық жағдайларының әсерін бағалау үшін пайдаланылады. Қазақтың қылшық жүнді құйрықты қой тұқымы қозыларының өсу динамикасын зерттеу төмендегі 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте – Қазақтың қылшық жүнді құйрықты қой тұқымы қозыларының өсу динамикасы (туғаннан енесінен бөлгенге дейін 4–4,5 ай.), кг (n=60)

№ р/с	Шаруашылық аты	Тұқымы	Еркек, кг		Ұрғашы, кг	
			M±m	Cv,%	M±m	Cv,%
Туғандағы тірі салмағы						
1	«АқБас-Павлодар ЖШС» ШҚ	КГ	4,7±0,05	7,6	4,4±0,04	8,4
2	«Ардак» ШҚ	КГ	4,7±0,06	4,7	4,5±0,05	6,5
4–4,5 айлығындағы тірі салмағы						
1	«АқБас-Павлодар» ЖШС» ШҚ	КГ	36,9±0,20	4,3	32,7±0,18	4,3
2	«Ардақ» ШҚ	КГ	36,3+0,24	5,2	33,3+0,23	3,1

1-кесте нәтижелері бойынша екі шаруашылықта да еркек қозылардың туған кездегі тірі салмақтары бірдей болып 4,7 кг-ды құраған. Бұл көрсеткіш қазақтың қылшық жүнді құйрықты қой тұқымы қозыларына арналған стандарт талаптарына (4,5–5,0 кг) толық сәйкес келеді.

Ал ұрғашы қозылар бойынша «Ардақ» шаруа қожалығында басымдылық байқалып, олардың салмағы 0,1 кг-ға жоғары болған. 4–4,5 айлық жасында тірі салмақтарының көрсеткіші бойынша «АқБас-Павлодар ЖШС» ШҚ-ның еркек қозылары 0,6 кг-ға жоғары нәтиже көрсетсе, ал ұрғашы қозылар арасында ең жақсы нәтиже «Ардақ» шаруа қожалығында байқалып, айырмашылық 0,6 кг-ды құраған. Мұндай айырмашылық биологиялық тұрғыдан саулықтардың жекелеген ерекшеліктерімен, олардың жасымен және сүттілік деңгейімен түсіндіріледі.

4–4,5 айға толған кезінде «АқБас-Павлодар» ЖШС» ШҚ-дағы еркек қозыларының тірі салмағы «Ардақ» шаруа қожалығындағы құрдастарынан 0,6 кг-ға артық болып (36,9 кг нан 36,3 кг), бұл орташа тәуліктік салмақ қосу көрсеткішінің 260–270 г/тәулік

шамасында екенін көрсетті. Аталған нәтиже етті-майлы бағыттағы өнімділік үшін оңтайлы көрсеткіштерге сәйкес келеді (норма – тәулігіне кемінде 230–250 г). Осы жастағы ұрғашы қозылар арасында «Ардақ» ШҚ-дағы қозылар тірі салмағы бойынша 0,6 кг-ға жоғары нәтиже көрсетті (33,3 кг-нан 32,7 кг). Бұл көрсеткіште нормативтік талаптарға сай келіп, аналық табынның жақсы дамуын және дұрыс азықтандыру мен күтіп-бағу жүйесін айғақтайды.

Еркек қозылар өсуінің физиологиялық ерекшеліктерімен байланысты және биологиялық заңдылықтарға сәйкес, 4–4,5 айында еркек қозылар ұрғашы қозылардан салмақ бойынша орта есеппен 3–4 кг-ға артық болды. Көптеген топтарда вариация коэффициентінің (Cv) 4–4,5 айлығында төмендеуі табынның біртектіленуін көрсетеді, бұл жас малды бөліп алу үшін және ары қарай бордақылау үшін біркелкі салмақта болуы маңызды.

Орташа тәуліктік салмақ қосу көрсеткіштері 260–270 г деңгейінде болып, етті-майлы бағыттағы қой шаруашылығы үшін белгіленген нормативтерге толық сәйкес келді. Еркек қозылардың ұрғашыларға қарағанда салмағы бойынша басымдылығы жыныстық диморфизмнің айқын көрінісін дәлелдейді. Вариация коэффициентінің төмендеуі қозылар табынының біртектіленуін көрсетіп, оларды әрі қарай іріктеу мен бордақылау үшін қолайлы жағдай қалыптасқанын көрсетті.

Қой шаруашылығында қойдың емізу кезеңінде қозылардың өсу қарқынын оңтайландыру қой өнімділігін арттырудың негізгі факторларының бірі болып табылады. Осы кезеңдегі өсудің жеткіліксіздігі малды емізу кезіндегі тірі салмақтың төмендеуіне, өсіп жетілу кезеңінің ұзаруына және малды өсіруден алынатын экономикалық кірістің төмендеуіне әкеледі. Сонымен бірге тірі салмақтың өсуін бақылау жоғары өндірістік нәтижеге қол жеткізуге мүмкіндік беретін тиімді азықтандыру және басқару технологияларын жасауға мүмкіндік береді. Бұл мәселенің маңыздылығын ескере отырып, біз қозылардың абсолюттік және орташа тәуліктік салмақ қосуын есептедік (2-кесте).

2-кесте – Қозылардың туғаннан 4–4,5 айға дейінгі өсімі (n=60)

Көрсеткіштер	Шаруашылық атауы және тұқымы	
	«АқБас-Павлодар» ЖШС» ШҚ, (КГ)	«Ардақ» ШҚ, (КГ)
Еркек қозылар		
Абсолюттік өсімі, кг	32,2	31,6
Орташа тәуліктік өсімі, г	267,0	263,0
Ұрғашы қозылар		
Абсолюттік өсімі, кг	28,3	28,9
Орташа тәуліктік өсімі, г	235,0	240,0

2-кесте деректері бойынша қазақтың қылшық жүнді құйрықты қой тұқымының қозылары бойынша абсолюттік және орташа тәуліктік өсімнің өте жақсы нәтижесін «АқБас-Павлодар» ЖШС» ШҚ-ның еркек қозылары «Ардақ» ШҚ-мен салыстырғанда тәулігіне +0,6 кг және +4 г жоғары көрсеткіштерді көрсетті, бұл етті-майлы бағыт үшін нормативке сәйкес келеді (≥250 г/тәулік). «Ардақ» ШҚ-да ұрғашы қозыларда тәулігіне +0,6 кг және +5 г жоғары көрсеткіштерді құрады. Бұл талаптардың төменгі шегінен асып түсті (≥230–250 г/тәулік).

Барлық шаруашылықтардағы еркек қозылардың тірі салмағы мен салмақ қосуы ұрғашы қозыларға қарағанда жоғары болып жыныстық диморфизм айқын байқалды, бұл етті-майлы бағыттағы жас малдардың физиологиялық өсу және даму ерекшеліктеріне сәйкес келеді. Қазақтың қылшық жүнді құйрықты қой тұқымы қозылары бойынша мәліметтерді талдау барлық зерттелген көрсеткіштердің зоотехникалық нормаларға және ет-май өндірісі бойынша тұқымдық стандарттар талаптарына сәйкес келетінін көрсетті.

Алынған нәтижелер бойынша жоғары нәтиже көрсеткен шаруашылықтар үшін («АқБас-Павлодар» ЖШС» ШҚ) жоғары салмақ қосуды қамтамасыз ететін қолданыстағы азықтандыру және күтіп бағу жүйесін сақтау және тағы да нығайту қажет.

Ал көрсеткіштері төмен шаруашылықтар үшін («Ардақ» ШҚ) төлдерді емізулі кезеңінде рационның энергетикалық құндылығын арттыру, концентраттар мен ақуыз қоспалардың (ақуыз 16–18 %) үлесін арттыру қажет. Қозыларды ерте жастан азықтандыруды күшейту және саулықтардың буаздық және лактация кезінде жеткілікті азықтануын қамтамасыз ету керек.

Қорытынды. Жүргізілген ғылыими-зерттеу жұмыстарының нәтижесін қорытындыласақ «АқБас-Павлодар» ЖШС» ШҚ, «Ардақ» ШҚ-да қазақтың қылшық жүнді құйрықты қой тұқымы қозыларының тірілей салмағының динамикасына жүргізілген талдау туған кездегі және енесінен айыру кезіндегі (4–4,5 ай) тірі салмақтары, тұқымның зоотехникалық нормалары мен

стандарттарына сай келеді. «АқБас-Павлодар» ЖШС» ШҚ және «Ардақ» ШҚ үшін өсудің қол жеткізілген деңгейін және табынның біркелкілігін сақтауды, көрсеткіштерді одан әрі жақсарту үшін сүттілігі жоғары және мықты конституциясы бар саулықтарды іріктеуді жалғастыруды ұсынамыз.

Алынған деректер қозыларды өсірудің тиімді технологияларын жетілдіруге, азықтандыру жүйесін оңтайландыруға және асыл тұқымдық іріктеуді ғылыми негіздеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, зерттеу нәтижелері етті-майлы бағыттағы тұқымдардың өнімділігін бағалауға, мал шаруашылығында рационалды іріктеу жүргізуге және болашақ зерттеулер үшін салыстырмалы база ретінде қолдануға негіз болады. Бұл мәліметтер фермерлер мен зоотехниктерге қой шаруашылығында малдың өсуі мен дамуын тиімді басқаруға практикалық бағыт береді.

Қаржыландыру. Бұл ғылыми-зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы ауыл шаруашылығы министрлігінен қаржыландыратын (ЖТН: BR22885692) «Өнімділіктің әртүрлі бағытындағы қойлардың генетикалық ресурстарын жетілдіру, сақтау және ұтымды пайдаланудың заманауи селекциялық-технологиялық және молекулярлық-генетикалық әдістерін әзірлеу» жоба тақырыбы аясында орындалған.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Қазақстан Республикасының Үкіметі. Мал шаруашылығын дамытудың 2026–2030 жылдарға арналған кешенді жоспары туралы ақпарат. – Астана, 2026. – URL: https://primeminister.kz/kz/news/ukimet-mal-saruasylygyn-damytudyn-2026-2030-zyldarga-arnalgan-kesendi-zosparynyn-zobasyn-makuldady (қаралған күні: 13.03.2026).

2 Сәбденов Қ.С., Бексейітов Т.К., Абдуллаев М., Исламов Е.И., Құлатаев Б.Т. Қой шаруашылығы: / – Павлодар : – 2010. – 467 б.

3 Родионов Г.В. Основы животноводства : учебник / Г. В. Родионов, Ю. А. Юлдашбаев, Л. П. Табакова. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 564 с.

4 Burambayeva N.B., Bexeitov T. K., Temirzhanova A. A., Abeldinov R.B., Ateikhan B., Titanov Zh. E., Kainidenov N.N. Reproductive and productive performance of meat-fat sheep under the conditions of Northeastern Kazakhstan. Scientific and practical journal of Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University. – 2025. № 1 (78), – P. 3–11. DOI:10.52578/2305-9397-2025-1-3-11.

5 Бурамбаева Н.Б., Бексеитов Т. К., Абельдинов Р. Б., Темиржанова А. А., Атейхан Б., Титанов Ж.Е. Сравнительная характеристика роста и развития чистопородного и помесного молодняка овец в условиях КХ «Бепен». Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің хабаршысы. Ауыл шаруашылығы ғылымдары. №2 (73), 2025. – Б. 189-197. https://doi.org/10.52081/bkaku.2025.v73.i2.266

6 Ерохин А.И. и др. Прогнозирование продуктивности, воспроизводства и резистентности овец : монография / А. И. Ерохин, В. В. Абонеев, Е. А. Карасев, С. А. Ерохин, Д. В. Абонеев. – . М,: 2010. – 352 с.

7 Aouina K., Nabi, M., Hadj Omar, K. et al. Characterizing sheep farming systems to improve sustainability approaches and enhance policy implementation. Trop Anim Health Prod 57, 196 (2025). https://doi.org/10.1007/s11250-025-04451-2

ПРОМЫШЛЕННОЕ СКРЕЩИВАНИЕ ОВЕЦ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ

БЕКСЕИТОВ Т. К.
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик, Торайгыров университет, г. Павлодар
ЖУМАБЕКОВА Б. М.
магистрант, Торайгыров университет, г. Павлодар

Аннотация. В статье представлены результаты комплексного исследования эффективности промышленного скрещивания овец в условиях северо-восточного Казахстана. Проведён анализ продуктивных и биологических особенностей чистопородных и помесных животных, а также оценено состояние пастбищных ресурсов. Установлено, что использование баранов мясо-шерстных пород обеспечивает увеличение живой массы, настрига шерсти и мясной продуктивности молодняка на 10–20% за счёт эффекта гетерозиса. Показано, что эффективность скрещивания существенно зависит от уровня кормления и состояния пастбищ. Обоснована необходимость внедрения ресурсосберегающих технологий и рационального пастбищеоборота.

Ключевые слова: овцеводство, промышленное скрещивание, гетерозис, продуктивность, пастбища, селекция, мясная продуктивность.

Введение. Овцеводство является одной из традиционных и стратегически значимых отраслей сельского хозяйства Республики Казахстан. В современных условиях его развитие определяется необходимостью повышения продуктивности животных, улучшения качества продукции и обеспечения конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках.

Одним из наиболее эффективных направлений интенсификации отрасли является промышленное скрещивание, позволяющее сочетать ценные хозяйственно-полезные признаки различных пород. В основе данного метода лежит эффект гетерозиса, проявляющийся в повышении жизнеспособности, скорости роста и мясной продуктивности потомства [1].

Для северо-восточного Казахстана, характеризующегося континентальным климатом, ограниченными кормовыми ресурсами и высокой нагрузкой на пастбища, проблема повышения эффективности овцеводства приобретает особую актуальность. В этих условиях необходимо комплексное решение, включающее совершенствование генетических ресурсов, рациональное использование пастбищ и внедрение современных технологий кормления [2,3].

Цель исследования — оценка эффективности промышленного скрещивания овец и разработка рекомендаций по повышению продуктивности в условиях региона.

Литературный обзор

Проблема промышленного скрещивания сельскохозяйственных животных достаточно подробно рассмотрена в научной литературе как отечественных, так и зарубежных авторов. В работах по генетике и селекции подчёркивается, что скрещивание пород остаётся одним из наиболее доступных способов быстрого повышения продуктивности без длительных селекционных циклов.

По данным ряда исследований, положительный эффект такого подхода связан с проявлением гетерозиса. Он выражается не только в ускоренном росте молодняка, но и в повышении жизнеспособности, а также лучшем использовании кормов. При этом степень выраженности эффекта может варьировать в зависимости от сочетания пород и условий содержания животных.

В овцеводстве особое внимание уделяется скрещиванию местных курдючных пород с баранами мясо-шерстного направления. Практические результаты показывают, что подобные комбинации позволяют увеличить выход мяса и улучшить качество туш. Вместе с тем в литературе неоднократно отмечается, что сам по себе генетический потенциал не является определяющим фактором. Существенное значение имеют условия кормления, уровень технологии содержания и общее состояние кормовой базы [4,5].

Отдельный блок исследований посвящён состоянию пастбищных экосистем Казахстана. Авторы указывают на устойчивую тенденцию к их деградации, что связывается, прежде всего, с перевыпасом и отсутствием системы рационального использования угодий. Это приводит к снижению урожайности и ухудшению кормовой ценности пастбищ, что, в конечном итоге, отражается на продуктивности животных.

Таким образом, анализ литературных источников показывает, что промышленное скрещивание даёт наибольший эффект лишь при комплексном подходе, где селекционные мероприятия сочетаются с улучшением кормления и более рациональным использованием природных ресурсов.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в производственных условиях хозяйств Павлодарской и Абайской областей, что позволило получить данные, максимально приближенные к реальной практике. В качестве базы были выбраны ТОО «КХ Акбас-Павлодар» и КХ «Бепен».

Объектами исследования служили овцематки казахских курдючных пород, бараны мясо-шерстного направления, а также полученный от них молодняк как чистопородного, так и помесного происхождения.

В процессе работы использовался комплекс методов, включающий:

геоботаническое обследование пастбищ;
определение их продуктивности;
регулярное взвешивание животных;
оценку шерстной продуктивности;
бонитировку;
проведение контрольного убоя;
расчёт среднесуточных приростов;
статистическую обработку полученных данных.

Такой подход позволил оценить как продуктивные качества животных, так и влияние условий их содержания.

Результаты исследований

Состояние пастбищных ресурсов

Проведённые исследования показали, что пастбищные угодья региона характеризуются достаточно высоким уровнем биоразнообразия — было отмечено около 292 видов растений. Вместе с тем их состояние нельзя считать однородным: значительная часть территорий в той или иной степени подверглась деградации.

Таблица 1 – Урожайность пастбищ

Хозяйство	Тип пастбища	Урожайность, ц/га
Акбас-Павлодар	Сильно нарушенные	0,5–1,5
Акбас-Павлодар	Улучшенные	3–5
Бепен	Средне нарушенные	2–3
Бепен	Катастрофически нарушенные	0

Снижение урожайности напрямую отражается на обеспеченности животных кормами и, соответственно, ограничивает их продуктивность.

Продуктивность овец

Анализ показал, что животные мясо-шерстного направления отличаются более высокими показателями живой массы и настрига шерсти по сравнению с другими породами.

Таблица 2 – Продуктивные показатели

Порода	Живая масса, кг	Настриг шерсти, кг
Етті меринос	110,0	7,7
МШК	101,5	6,7
КПГ	85,5	3,3
КГ	92,0	3,1
Матки	58–67	2,0–2,2

Полученные данные подтверждают высокий потенциал данных пород при использовании в скрещивании.

Эффективность скрещивания

Особенно заметные различия были выявлены при сравнении молодняка. Помесные животные показали более высокие темпы роста и лучшие показатели мясной продуктивности.

Таблица 3 – Сравнение молодняка

Группа	Живая масса (4 мес), кг	Прирост, г/сут	Убойный выход, %
Чистопородные	28–30	180–200	45–47
Помеси	32–36	220–260	48–52

Разница в продуктивности в среднем составила до 20%, что свидетельствует о выраженном эффекте гетерозиса.

Влияние кормления

Дополнительное использование концентрированных кормов оказало заметное влияние на рост животных. В хозяйствах, где применялась подкормка, отмечались более высокие среднесуточные приросты и лучшая сохранность молодняка.

Это ещё раз подтверждает, что генетические преимущества реализуются только при соответствующем уровне кормления.

Обсуждение

Полученные результаты в целом согласуются с данными, представленными в научной литературе. Преимущество помесного молодняка по основным показателям можно объяснить проявлением гетерозиса, который наиболее ярко выражается именно в раннем возрасте.

В то же время обращает на себя внимание зависимость результатов от условий содержания. В хозяйствах с более развитой кормовой базой различия между группами проявлялись более отчётливо. Это позволяет сделать вывод о том, что эффективность скрещивания нельзя рассматривать отдельно от факторов внешней среды.

Таким образом, промышленное скрещивание следует рассматривать не как самостоятельное решение, а как элемент более широкой системы повышения эффективности овцеводства.

Заключение

Наиболее значимым результатом исследования является доказанная эффективность промышленного скрещивания. Помесный молодняк превосходит чистопородный по основным хозяйственно-полезным признакам — живой массе, среднесуточному приросту и убойному выходу. Прирост продуктивности составляет в среднем 10–20 %, что обусловлено проявлением эффекта гетерозиса.

Вместе с тем установлено, что реализация данного эффекта напрямую зависит от условий кормления и содержания животных. Применение концентрированных кормов способствует повышению

интенсивности роста и улучшению экономических показателей производства.

Таким образом, промышленное скрещивание следует рассматривать как эффективный инструмент интенсификации овцеводства. Однако его максимальная результативность достигается только при комплексном подходе, включающем:

совершенствование генетического потенциала животных;

внедрение рациональной системы пастбищеоборота;

улучшение кормовой базы;

использование современных технологий откорма.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных результатов при разработке региональных программ развития овцеводства, направленных на повышение продуктивности и устойчивости отрасли.

Перспективы дальнейших исследований связаны с углублённым изучением генетических механизмов гетерозиса, оптимизацией схем скрещивания и разработкой адаптивных технологий кормления в условиях изменяющегося климата.

Полученные данные также показывают, что использование овец мясо-шерстного направления в качестве отцовской формы является обоснованным с точки зрения повышения продуктивности. Их потомство отличается не только большей живой массой, но и более стабильными показателями роста

ЛИТЕРАТУРА

1. Fili□a□nskiĭ, K. D.. Повышение продуктивности животноводства. Россия, Гос. изд-во селхоз лит-ры, 1949.

2. Овцеводство. Учебное пособие для вузов. (2020). Россия: ЛитРес..

3. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников / Н.А Плохинский//- М., 1969.- С. 256.

4. Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике с.-х. животных /Е.К. Меркурьева// - М., 1970. – С. 16-38.

5. Берг Р.Т., Баттерфильд Р.М. Мясной скот. Концепции роста. / Р.Т. Берг, Р.М. Баттерфильд// – М., 1979. – С.279.

6. Ерохин А.И., Магомадов Т.А., Ерохин С.А., Сычева И.Н., Пахомова Е.В. Эффективность промышленного скрещивания основных пород овец России с производителями разного направления продуктивности. Овцы, козы, шерстяное дело. 2023;(2):7-13

7. Бозымов, К.К., Траисов, Б.Б., Баяхов, А.Н. Акжаикская мясо-шерстная порода овец и пути ее улучшения. – Уральск: ЗКАТУ им. Жангир хана, 2014.–229 с.

8. Практикум по овцеводству / Бурамбаева Н.Б, Нуржанова К.Х., Асанбаев Т.Ш. - Алматы: издательство Эверо, 2016. - 176 стр.

9.Мирзабеков, С. Ш. Овцеводство [Текст] : учебник / С. Ш. Мирзабеков, А. И. Ерохин ; ред. А. И. Ерохин, 2005. - 512 с.

10.Курдючные овцы Северо-Востока Казахстиана [Текст] : монография / Н. Б. Бурамбаева [и др.], 2014. - 97 с.

ҚОРҒАЛЖЫН МЕМЛЕКЕТТІК ТАБИҒИ ҚОРЫҒЫНДАҒЫ ЕСЕЙ СУ АЙДЫНЫНДАҒЫ АЛАБҰҒАЛАР (PERCIDAE) ТҰҚЫМДАСЫНЫҢ МОРФОБИОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ӨЗГЕРГІШТІК БЕЛГІЛЕРІ

ОРЫНБЕКОВА А. Н.
магистрант, С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ.

Қорғалжын мемлекеттік табиғи қорығы (ҚМТҚ) Қазақстан Республикасының орталық бөлігінде Ақмола облысының Қорғалжын ауданында орналасқан, географиялық координаттарда шығыс бойлық 68° 38’-ден 69°41’-ге дейін және солтүстік ендік 50°10’ пен 50°43’ аралығында орналасқан. Қорықтың аумағы қазіргі уақытта 258 963 гектарға жетеді, оның 543 171 гектары оның 197 919 гектары және 145 832 гектары су астында. Қорғалатын аумақтың солтүстіктен оңтүстікке қарай ұзындығы 60 шақырым, ал батыстан шығысқа қарай 75 шақырым. Қорғау аймағы Ақмола облысының Қорғалжын, Егіндікөл, Нұра аудандары арқылы және Қарағанды облысының Мемлекеттік жер қорының жерлері арқылы өтеді. Балықтар ихтиофаунасына 14 түр кіреді. Олардың ішінде 11 жергілікті және үш бейімделгіш түр бар: тыран, кәдімгі тұқы, көксерке. Кәдімгі мөңке, алабұға, торта, шортан, аққайран кездеседі. Көл ағысындағы балықтардың таралуы біркелкі. Балықтар жақсы өсу қарқынымен және жақсы қоректік базасымен сипатталады.

Ихтиофаунаны зерттеу үшін 20-дан 70 мм-ге дейінгі торлары бар желбезек торларын пайдаланып балықтар ауланды. Материалды өңдеу орнында да, зертханалық жағдайда да жүргізілді. Балықтардың түрі анықталды, саны есептелді құйрық қанатсыз ұзындығы мен дене салмағы (Q және q), жынысы мен жетілу

кезеңі өлшенді. Пластикалық көрсеткіштерін талдап, әдебиеттегі мәліметтермен салыстырғанда тұмсығының ұзындығы, денесінің биіктігі мен кең жері, арқа, аналь, кеуде, құрсақ қанаттарының пішіндері өзгерген. Арқа қанаты басына жақын орналасқан, денесі биік және жалпақ. Басының ұзындығы қысқарған, көздері бір-біріне жақын орналасқан, тұмсығы аздап доғалдау. Аналь мен бірінші арқа қанаттарының негізі, бірінші арқа қанатының және кеуде қанаттарының ұзындығы қысқарған. Аналь және құрсақ қанаттары ұзарған. Антеанальді, антевентральді, антепектральді, құйрық сабағының ұзындығы, желкесіндегі бас биіктігі, құйрық қанатының орта сәулелері мен төменгі ұшының ұзындығы туралы әдебиеттерде мәлімет кездеспеді [5].

Алабұға балығының денесінің құйрық қанатынсыз ұзындығы 33,5 см салмағы 1 кг шамасында, 1-4 жасында жыныстық жетіледі. Ол көлдің жағасындағы қамыс, қоға арасына, өзен сағаларына судың температурасы 10-12^{0}С болғанда сәуір-мамыр айларында уылдырық шашады. Өмір сүру ұзақтығы 7 жас. Денесінің ең үлкен ұзындығы- 38,6 см, жалпы дене салмағы- 6,92 г; ішкі құрылысынсыз салмағы- 2,98 г; Фультон бойынша қоңдылығы 1,01-3,04; Кларк бойынша қоңдылығы 0,80-2,74.

Талдау барысында, алдымен алабұғаның жалпы және ішкі құрылысынсыз салмағы өлшенді, одан соң оның жыныстары мен жасы анықталды және гонадалардың пісіп-жетілу сатылары айқындалды. Әрбір ауланған балықтың барлығының жынысын, даму сатысы анықталып кестеге енгізілді. Әдетте, уылдырықтары ұсақ, оның сыртында жұқа мөлдір қабығы болады, түсі ақшыл сары немесе қызғылт-сары болады. Ауланған балықтарды өлшеп қабыршақтары арқылы жасын анықтадық. Балықтың қабыршақтарын биологиялық анализ жасау барысында алып отырдық. Әр балықтан 5-6 қабыршақтан алып арнайы қабыршақ салатын кітапшаға жинадық. Балықтың жасын Н. И. Чугуновтың тәсілі бойынша анықтадық [4,5].

1-кесте – Есей көліндегі алабұғалардың меристикалық көрсеткіштері

Көрсеткіш	**min-max**	**M±m**
D1қатты	10-15	12±1,0
D2қатты	1-4	2,08±0,99
D2 тарамдалған	12-14	13,2±0,60
А қатты	1-4	2±0,92
А тарамдалған	8-12	9,6±0,86

V қатты	1-2	1,4±048
V тарамдалған	3-7	5±0,64
P оң жақ	10-14	11,9±1,4
P сол жақ	11-15	12±0,96
Vert	22-38	33,3±2,6

Алабұғалардың меристикалық көрсеткіштерін әдеби мәліметтерімен салыстырғанда D1 қатты арқа қанатындағы қатты сәулелерінің саны 10-15 көп; D2 қатты арқа қанатындағы қатты сәулелерінің саны 1-4 аз; D2 арқа қанатындағы тарамдалған 12-14 тікенекті сәулелері ұзынырақ алшақ орналасқан. Аналь қанатындағы қатты сәулелерінің саны 1-4 аз; тарамдалған сәулелерінің саны 8-12 нормамен сәйкес келеді; құрсақ қанатындағы қатты сәулелерінің саны 1-2 аз олар кеуде қанаттарына жақын орналасқан, қашықтығы сол қанат түбінің жалпақтығының 2 бөлігінен артық; тарамдалған сәулелерінің саны 3-7 аз; оң жақ кеуде қанатындағы сәуле саны 1014 көп; сол жақ кеуде қанатындағы сәуле саны 11-15 аз. Кеуде қанаттары не тік, не қиғаш бекіген. Желбезек қақпақтарының сыртқы жиегі тікенекті болып келеді. Омыртқа саны 22-38 аз болып табылды.

Осы көрсеткіштердің өзгеруі қоршаған ортаға бейімделуіне байланысты. Омыртқа саны аз, бірінші арқа қанатындағы сәулелерінің саны көп ал, екінші арқа қанатындағы сәулелерінің саны аз, болып келген. Кеуде және құрсақ қанаттары бір-біріне жақын орналасқан. Аналь қанатындағы қатты сәулелерінің саны, құрсақ қанатындағы қатты сәулелерінің саны аз. Оң жақ кеуде қанатындағы сәуле саны көп; сол жақ кеуде қанатындағы сәуле саны аз[4]. балықты аулау орындарында өлшеу жұмыстары жүргізілді, алдымен алабұғаның денесінің ұзындығы өлшенді, одан соң оның жасы мен жыныстары анықталды және гонадалардың пісіп жетілу сатылары айқындалды. Алабұғалардың жыныстық жетілуі-олардың қоршаған ортасына, қоңдылығына, қорек көзіне, мекендейтін суы, климаттық жағдайлар секілді бірнеше факторларға байланысты болады. Уылдырық шашқанға дейін, әсіресе көктемде, күзде, көп қоректенеді. Уылдырық шашқаннан кейін алабұғаның үйірлері таяз суда бөлініп кетеді. Аталықтарға қарағанда аналықтар, бір жылға кеш жетіледі.

Біздің зерттеуіміздің нәтижесі бойынша Есей көліндегі кәдімгі алабұға балығының жыныстық жасқа жетілуі 2-3 жас, орташа тұқымдылығы 56 мың 781, жыныстық қарым-қатынасы 1:2, денесінің

ұзындығы 18,9 см, дене салмағы 99,5 г Фультон және Кларк бойынша қондылығы жоғары, ол қорегінің жеткілікті екенін көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Бәйімбет Ә.А., Темірхан С.Р. Қазақстанның балықтәрізділері мен балықтарының қазақша – орысша анықтауышы. Алматы, 1999. – 344 б.

2 Б. М. Махатов [ж.б.]. Балық шаруашылығы. Оқу құралы. II-том. - Алматы: Нұр-Принт, 2013. - 264 б

3 Шуткараев А.В. Крайнюк В. Н. Баринова Г.К. Асылбекова А.С.Современное состояние ихтиофауны и факторы воздействия на популяции рыб озер Коргалжынского ГПЗ 2021. -6 с.

4 Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. -М.: Пищевая промышленность. 1966. - 376 с.

5 Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. - М., 1959.-165 с.

6 Рыбы Казахстан: в 5 томах. – Алма-Ата: Наука, 1987. –Т.2 – 200 с.

7 Рыбы Казахстан: в 5 томах. – Алма-Ата: Наука, 1988. –Т.3 – 304 с

КАЧЕСТВО ЖИЗНИ КАК ФИЛОСОФСКИЙ КРИТЕРИЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ВЕТЕРИНАРНОЙ ХИРУРГИИ

ЯШОНКОВ Р. Ю., РЫСПЕКОВ Р. А.
Казахский Агротехнический Исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина, г. Астана

Современная ветеринарная хирургия достигла высокого уровня развития, позволяя выполнять сложные оперативные вмешательства, направленные на сохранение жизни и функциональной активности животных. Расширение технических возможностей хирургического лечения сопровождается увеличением числа клинических ситуаций, в которых решение врача выходит за рамки сугубо медицинских показаний и приобретает философско-этический характер.

Традиционно эффективность хирургического лечения оценивается по таким критериям, как выживаемость пациента, восстановление анатомической целостности органов и отсутствие послеоперационных осложнений. Однако в клинической практике нередко встречаются случаи, когда формально успешная операция сопровождается хронической болью, ограничением подвижности и снижением

адаптационных возможностей животного. В подобных ситуациях возникает вопрос о подлинной ценности проведенного вмешательства.

В последние годы всё большее внимание уделяется концепции благополучия животных (animal welfare), в рамках которой качество жизни рассматривается как интегральный показатель физического, психического и поведенческого состояния пациента. Тем не менее в ветеринарной хирургии данный критерий до сих пор часто уступает приоритет техническим аспектам оперативного лечения.

Особую сложность представляет выбор между органосохраняющими хирургическими вмешательствами и радикальными методами лечения, такими как ампутация. Стремление сохранить анатомическую целостность конечности может приводить к длительному болевому синдрому, повторным операциям и ухудшению качества жизни животного. В то же время радикальные методы, воспринимаемые владельцами как крайняя мера, в ряде случаев обеспечивают более быстрое восстановление и адаптацию пациента.

Таким образом, проблема соотношения хирургического успеха и качества жизни животного требует философского и этического осмысления. Ветеринарный хирург в данной ситуации выступает не только как специалист, обладающий техническими навыками, но и как субъект морального выбора, принимающий решения, затрагивающие благополучие живого существа.

Настоящее исследование направлено на анализ понятия качества жизни как одного из ключевых критериев принятия клинических решений в ветеринарной хирургии.

Понятие качества жизни в ветеринарной медицине заимствовано из гуманной медицины и философии, где оно рассматривается как интегральная характеристика физического, психического и социального благополучия пациента. В ветеринарной практике данный термин приобретает особую специфику, поскольку животное не способно вербально выражать свои ощущения и оценка его состояния осуществляется опосредованно – через наблюдение за поведением, аппетитом, активностью и реакцией на окружающую среду.

Качество жизни животного включает в себя несколько взаимосвязанных компонентов: отсутствие или минимизацию болевого синдрома, сохранение двигательной активности, возможность реализации естественных форм поведения и поддержание нормального взаимодействия с окружающей средой.

Эти параметры формируют представление о благополучии пациента, выходя за рамки сугубо клинических показателей.

С философской точки зрения качество жизни связано с категорией ценности жизни как таковой. В отличие от антропоцентрического подхода, при котором животное рассматривается исключительно как объект лечения или собственности владельца, биоэтические концепции подчеркивают моральную значимость страдания любого живого существа. Таким образом, ветеринарная медицина всё чаще ориентируется не только на продление жизни, но и на обеспечение ее достойного качества.

Особое значение понятие качества жизни приобретает в условиях хронических заболеваний и после хирургических вмешательств. Даже при успешном восстановлении анатомических структур возможно сохранение функциональных нарушений, ограничение подвижности и постоянный болевой синдром. В таких случаях возникает необходимость комплексной оценки состояния пациента, включающей как медицинские, так и этические критерии.

Сложность применения данного понятия в ветеринарной практике обусловлена его субъективностью. Оценка качества жизни нередко зависит от интерпретации ветеринарного врача и ожиданий владельца животного. То, что с клинической точки зрения может рассматриваться как допустимое состояние, для владельца может восприниматься как недопустимое страдание. Это создает пространство для этических конфликтов и требует от врача не только профессиональных знаний, но и развитых коммуникативных навыков.

В контексте ветеринарной хирургии понятие качества жизни приобретает особую значимость, поскольку хирургические вмешательства связаны с причинением временной или постоянной боли и изменением физиологического состояния организма. Следовательно, принятие решения об операции должно основываться не только на возможности технического выполнения вмешательства, но и на прогнозе дальнейшего благополучия пациента.

В ветеринарной хирургии традиционно успешность лечения определяется по объективным клиническим показателям: устранению патологического очага, восстановлению анатомических структур и выживаемости пациента. Однако зарубежные исследования указывают на необходимость пересмотра данного подхода с учетом качества жизни животного как самостоятельного критерия эффективности лечения (Yeates & Main, 2009) [1].

Yeates и Main (2009) [1] подчеркивают, что продление жизни животного без учета его субъективного благополучия может приводить к этически сомнительным клиническим решениям. Авторы вводят понятие «acceptable quality of life» – приемлемого уровня качества жизни, который должен рассматриваться наряду с клиническим прогнозом. Таким образом, хирургическое вмешательство признается оправданным не только при возможности устранения патологии, но и при сохранении достойного уровня жизнедеятельности пациента.

Особенно выраженное противоречие между хирургическим успехом и благополучием пациента выявляется при лечении заболеваний опорно-двигательного аппарата и онкологических процессов. Согласно исследованиям Vasseur et al. (1995) [2], владельцы собак после ортопедических операций часто отмечают сохранение болевого синдрома и ограничение подвижности, несмотря на технически успешное вмешательство. Это указывает на расхождение между клинической оценкой результата и реальным состоянием животного в повседневной жизни.

Исследование Wiseman-Orr et al. (2004) [3] демонстрирует, что качество жизни животных после хирургических вмешательств должно оцениваться по комплексу параметров, включая уровень боли, активность, аппетит и социальное поведение. Авторы подчеркивают, что ветеринарные специалисты склонны переоценивать успешность лечения, если ориентируются исключительно на клинические показатели, не учитывая поведенческие и эмоциональные изменения пациента.

Проблема особенно актуальна при выборе между органосохраняющими и радикальными методами лечения. В ряде случаев сохранение конечности сопровождается множественными повторными операциями и хронической болью, тогда как ампутация обеспечивает более стабильное восстановление и адаптацию животного. По данным исследования Kirpensteijn et al. (1999) [4], большинство собак после ампутации демонстрируют высокий уровень адаптации и удовлетворительное качество жизни, что опровергает распространенные представления о недопустимости радикальных методов лечения.

С философской точки зрения данное противоречие отражает различие между биологическим сохранением жизни и ее ценностным наполнением. Rollin (2006) [5] указывает, что ветеринарная медицина должна учитывать моральный статус животных как существ, способных испытывать страдание, а не рассматривать их

исключительно как биологические объекты лечения. Следовательно, хирургический успех не может быть определен только технической корректностью вмешательства.

Дополнительную сложность в принятии решений создает фактор владельца животного. McMillan (2003) [6] отмечает, что владельцы склонны интерпретировать состояние животного через собственные эмоциональные переживания, что может приводить к требованию продолжения лечения даже при неблагоприятном прогнозе качества жизни. В этих условиях ветеринарный хирург выступает посредником между клинической реальностью и ожиданиями владельца.

Таким образом, зарубежные исследования подтверждают необходимость комплексного подхода к оценке результатов хирургического лечения, включающего не только медицинские показатели, но и качество жизни пациента. Хирургический успех в современной ветеринарной медицине должен определяться как достижение баланса между продлением жизни и минимизацией страдания, что соответствует принципам биоэтики и гуманистической медицины (Yeates & Main, 2009; Rollin, 2006) [1], [5].

Выбор между органосохраняющими и радикальными методами лечения представляет собой одну из наиболее сложных клинико-этических дилемм в ветеринарной хирургии. Традиционно сохранение конечности или органа воспринимается как приоритетная цель лечения, поскольку ассоциируется с гуманным отношением к животному и сохранением его телесной целостности. Однако зарубежные исследования показывают, что данный подход не всегда приводит к улучшению качества жизни пациента (Withrow & Vail, 2013) [7].

Органосохраняющие методы лечения часто связаны с многоэтапными хирургическими вмешательствами, применением имплантов, длительной реабилитацией и высоким риском осложнений. В исследовании Liptak et al. (2004) [8] было установлено, что у собак после органосохраняющих операций при остеосаркоме частота инфекций имплантов и несращения костей значительно превышает показатели после ампутации. При этом сохранение конечности не всегда сопровождалось восстановлением ее функциональной активности, что приводило к хроническому болевому синдрому и снижению качества жизни животных.

Радикальные методы лечения, в частности ампутация, традиционно вызывают эмоциональное неприятие со стороны владельцев животных. Однако многочисленные исследования

демонстрируют высокую степень адаптации животных после подобных вмешательств. Carberry и Harvey (1987) [9] показали, что более 80% владельцев собак были удовлетворены результатами ампутации, отмечая улучшение подвижности и общего состояния животных. Аналогичные данные приводят Matthiesen et al. (2012) [10], указывая на сохранение высокого уровня активности и положительных поведенческих реакций у большинства пациентов после операции.

Философский аспект данной проблемы заключается в различии между формальным сохранением телесной целостности и реальным снижением страдания. Согласно биоэтическому принципу минимизации вреда (non-maleficence), приоритет должен отдаваться тем методам лечения, которые обеспечивают наименьший уровень боли и максимальное восстановление функционального состояния пациента, даже если они связаны с потерей органа (Beauchamp & Childress, 2013) [11].

Дополнительным фактором является временной аспект качества жизни. Органосохраняющие методы нередко предполагают длительный период реабилитации, повторные хирургические вмешательства и хроническое применение анальгетиков. В противоположность этому ампутация часто обеспечивает более быстрое восстановление и адаптацию животного к новым условиям существования (Withrow & Vail, 2013) [7].

Психологическое восприятие радикальных методов лечения владельцами животных также является значимым фактором принятия решений. Исследование Christiansen et al. (2016) [12] показало, что владельцы склонны переоценивать негативные последствия ампутации и недооценивать способность животных к нейропсихологической и физической адаптации. Это приводит к выбору менее эффективных органосохраняющих стратегий лечения, несмотря на неблагоприятный прогноз качества жизни пациента.

Таким образом, философия выбора в ветеринарной хирургии должна опираться не на стремление сохранить анатомическую целостность как самоцель, а на прогноз функционального восстановления и субъективного благополучия животного. Радикальные методы лечения в ряде случаев оказываются более гуманными и этически оправданными, чем длительные органосохраняющие вмешательства, сопровождающиеся хроническим страданием.

Этическая роль ветеринарного хирурга в принятии клинических решений.

Ветеринарный хирург в процессе принятия клинических решений выступает не только как медицинский специалист, но и как субъект моральной ответственности. Его деятельность затрагивает интересы сразу нескольких сторон: животного как пациента, владельца как лица, принимающего окончательное решение, и общества, формирующего нормы гуманного отношения к животным (Rollin, 2006) [5].

Согласно концепции ветеринарной биоэтики, врач обязан учитывать способность животных испытывать боль и страдание, что придает их жизни моральную значимость (Yeates & Main, 2009) [1]. В этом контексте хирургическое вмешательство должно рассматриваться не только как техническая процедура, но и как моральный акт, последствия которого напрямую влияют на благополучие живого существа.

Beauchamp и Childress (2013) [11] выделяют четыре фундаментальных принципа медицинской этики: благодеяние, непричинение вреда, автономию и справедливость. В ветеринарной медицине принцип автономии приобретает особую форму, поскольку животное не может самостоятельно выражать согласие на лечение. Следовательно, ветеринарный хирург вынужден принимать решения, руководствуясь предполагаемыми интересами пациента и профессиональным суждением.

Особую роль играет феномен морального стресса (moral stress), возникающий у ветеринарных специалистов при необходимости выполнять вмешательства, противоречащие их внутренним убеждениям о благополучии животного. McMillan (2003) [6] указывает, что подобные ситуации способствуют профессиональному выгоранию и снижению качества клинических решений.

Зарубежные исследования подтверждают, что ветеринарные хирурги часто испытывают давление со стороны владельцев, требующих продолжения лечения даже при неблагоприятном прогнозе качества жизни пациента (Mellanby et al., 2011) [13]. В таких условиях врач выступает посредником между научным знанием и эмоциональными ожиданиями владельца, что усиливает этическую нагрузку профессии.

С философской точки зрения ветеринарный хирург выполняет роль медиатора между биологическим существованием животного и его благополучием как субъекта страдания. Rollin (2006) [5]

подчеркивает, что подлинная гуманность ветеринарной практики заключается не в максимальном продлении жизни любой ценой, а в стремлении минимизировать страдание и обеспечить достойное существование пациента.

Таким образом, этическая роль ветеринарного хирурга заключается в интеграции клинических данных, философских принципов и гуманистических ценностей при принятии решений. Включение критерия качества жизни в процесс хирургического планирования способствует формированию более ответственной и морально обоснованной ветеринарной практики.

Проведённый анализ зарубежных исследований подтверждает, что понятие хирургического успеха в ветеринарной медицине не может ограничиваться исключительно клиническими и анатомическими критериями. Современные работы в области ветеринарной биоэтики и клинической практики демонстрируют необходимость комплексного подхода, включающего оценку качества жизни животного как ключевого показателя эффективности лечения (Yeates & Main, 2009; McMillan, 2003) [1], [6].

Полученные данные согласуются с результатами исследований, посвящённых адаптации животных после радикальных хирургических вмешательств. Так, Kirpensteijn et al. (1999) и Matthiesen et al. (2012) [3], [10] показывают, что ампутация конечности нередко сопровождается более стабильным восстановлением функциональной активности по сравнению с органосохраняющими операциями, связанными с высоким риском осложнений. Эти данные подтверждают тезис о том, что сохранение анатомической целостности не всегда эквивалентно сохранению благополучия пациента.

Важным аспектом обсуждения является роль субъективных факторов в принятии клинических решений. Исследования Christiansen et al. (2016) и Mellanby et al. (2011) [12], [13] указывают на значительное влияние эмоциональных ожиданий владельцев животных на выбор лечебной тактики. Это приводит к конфликту между клинической целесообразностью и моральными установками владельцев, что требует от ветеринарного хирурга высокой коммуникативной и этической компетентности.

Философский анализ проблемы позволяет рассматривать ветеринарного хирурга как посредника между биологическим существованием животного и его благополучием как субъекта страдания. В рамках биоэтической парадигмы (Beauchamp & Childress, 2013; Rollin, 2006) [11], [5] приоритет должен отдаваться

стратегиям лечения, направленным на минимизацию боли и сохранение функциональной активности, даже если они связаны с радикальными хирургическими решениями.

Таким образом, результаты анализа подтверждают необходимость переосмысления традиционных критериев хирургического успеха и интеграции философско-этических принципов в клиническую практику ветеринарной хирургии. Качество жизни должно рассматриваться не как второстепенный параметр, а как центральный ориентир принятия решений.

ЛИТЕРАТУРА

1 Yeates J., Main D. (2009) Assessment of companion animal quality of life in veterinary practice and research Journal of Small Animal Practice https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2009.00842.x

2 Wiseman-Orr M. et al. (2004) Development of a questionnaire to measure the effects of chronic pain on health-related quality of life in dogs American Journal of Veterinary Research https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15508185/

3 Kirpensteijn J. et al. (1999) Adaptation of dogs to the amputation of a limb and their owners' satisfaction with the procedure Journal of the American Veterinary Medical Association (JAVMA) https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10593213/

4 Vasseur P.B. et al. (1995) Postoperative pain and limb function after orthopedic surgery in dogs Veterinary Surgery https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.1995.tb02702.x

5 Rollin B.E. (2006) An Introduction to Veterinary Medical Ethics: Theory and Cases Blackwell Publishing (book) https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470344564

6 McMillan F.D. (2003) Quality of life in animals Journal of the American Veterinary Medical Association https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12720863/

7 Withrow S.J., Vail D.M. (2013) Small Animal Clinical Oncology (5th ed.) Elsevier Saunders https://www.sciencedirect.com/book/9781437703039/small-animal-clinical-oncology

8 Liptak J.M. et al. (2004) Limb-sparing surgery in dogs with osteosarcoma Journal of the American Veterinary Medical Association (JAVMA) https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15328712/

9 Carberry C.A., Harvey H.J. (1987) Owner satisfaction with limb amputation in dogs Journal of the American Veterinary Medical Association https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3560953/

10 Matthiesen D.T. et al. (2012) Quality of life after amputation in dogs with appendicular osteosarcoma Veterinary Surgery https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2012.00992.x

11 Beauchamp T.L., Childress J.F. (2013) Principles of Biomedical Ethics (7th ed.) Oxford University Press https://global.oup.com/academic/product/principles-of-biomedical-ethics-9780199924585

12 Christiansen S.B. et al. (2016) Owners' perceptions of dogs' quality of life after limb amputation Acta Veterinaria Scandinavica https://actavetscand.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13028-016-0204-2

13 Mellanby R.J. et al. (2011) Ethical challenges in veterinary practice Veterinary Record https://doi.org/10.1136/vr.c6370

Мазмұны

Энергетика
Энергетика

Секция 1
Энергетиканың дамуы
Развитие энергетики

Айтмагамбетова Г. А., Никифоров А. С.
Метод графодинамического моделирования теплотехнологических потоков в комплексе прокалки нефтяного кокса 3
Айтмагамбетова М. Б., Умирзаков Р. А., Сейтжаппаров Н. Қ., Мергалимова А. К.
Интегрированная технология термической подготовки Казахстанских углей: Технологические, энергетические и экологические аспекты 7
Арипова Н. А., Ашанин А. И.
Исследование возможностей повышения эффективности использования тепловой энергии в учебных корпусах НАО «Торайгыров университет» 13
Барукин Ю. С., Барукина Н. Ю.
Подход к программной реализации метода дерева отказов для оценки надёжности кольцевых схем ОРУ 16
Ермұхамедұлы А., Уахитова А. Б.
Кернеу сапасының деңгейін бұлыңғыр логика негізінде бағалау 23
Исабеков Д. Д., Нургазинов А. С.
Модернизация электрооборудования на Экибастузской ГРЭС-2 29
Кайдар А. Б., Жетібай Ж. Е.
Исследование инновационной модели ветрогенератора на базе Ansys CFD 34
Карманов А. Е., Баянова А. К., Сармурзин Н. К.
Төмен сортты отын қоспаларын жағу кезінде қатты қалдықтардың жану үдерістерін талдау 40
Кинжибекова А. К., Оришевская Е. В., Копылов Е. Н.
Разработка комплекса мероприятий по снижению золового износа конвективных поверхностей нагрева котла ПК-39-2 электрической станции АО ЕЭК 46
Кинжибекова А. К., Поддубный А. Е.
Внедрение современных систем газоочистки на Аксуской ЭС: Технологические аспекты и эффективность 51
Кожахметов Ж. Ж., Талипов О. М.
Исследование гидравлических режимов централизованных систем теплоснабжения г. Астана 55

Магаррамов Э. Р.
Интеллектуальные методы прогнозирования отказов электрооборудования на основе статистических данных 60
Магаррамов Э. Р.
Прогнозирование отказов электрооборудования на основе статистических данных 64
Рындин В. В., Жетпіс Ә. А.
Анализ методов снижения технических потерь в сетях электроснабжения предприятий нефтехимии и трубопроводного транспорта Павлодарского региона 69
Сатабаев А. Т.
Энергетический аудит как инструмент оптимизации энергопотребления в агропромышленном производстве (на примере ТОО «Актогай-Агро») 74
Табеев А. Х., Талипов О. М.
Повышение надежности режимов работы при реконструкции районных тепловых сетей 79
Черных Д. Ю., Бергузинов А. Н., Оришевская Е. В.
Снижение износа и повышение надёжности пылеприготовительных установок при работе на Экибастузском угле 85

Секция 2
Автоматтандыру және телекоммуникацияның дамуы
Развитие автоматизации и телекоммуникации

Андреева О. А., Рашат А. Ж., Дүйсембай А. Қ.
Автоматизация оборотной системы водоснабжения металлургического производства 91
Жамангарин Д. С., Сагындикова А. Г.
Фиброцементті панельдерді ламинаттау процесінің технологиялық параметрлерін оңтайландыру 98
Кислов А. П., Султанов М. Е.
Методы и средства автоматизации коммерческого учета электроэнергии в электрических сетях напряжением 0,4 кв (на примере ТОО «Горэлектросеть», г. Экибастуз) 105
Қарақожа А. С., Рахимбердинова Д. М.
Автоматтандырылған жүйелердің эволюциясы: классикалық шешімдерден интеллектуалды сандық платформаларға дейін 110
Наурызбай Р. М., Ярославцев М. В.
Интеллектуальные системы управления технологическими процессами на основе искусственного интеллекта 117
Ступак А. В., Вольман Д. С., Дүйсембай А. Қ., Андреева О. А.
Цифровые двойники в автоматизации промышленных процессов 122

Тоқтар Н. А., Андрева О. А., Акишев К. М.
Разработка и внедрение интеллектуальных программно-аппаратных комплексов для оптимизации процессов обогащения медной руды 127

Физика-математикалық және компьютерлік ғылымдары
Физико-математические и компьютерные науки

Секция 3
Қазіргі замандағы физиканың дамуы
Развитие физики в современном мире

Абдоллаева А. С., Испулов Н. А.
Композиттер мен монокристалдардың толқындық сипаттамаларын матрицалық әдісін қолдану туралы 134
Бөрібай З. Е.
Термоядролық синтез:
«Қолдан жасалған күн» – адамзаттың энергетикалық болашағы 138
Ғазизқызы Ж. А.
Қазіргі физиканың дамуындағы жасанды интеллекттің рөлі.....142
Ермағамбет М. М.
Основные проблемы при изучении раздела
«Основы астрономии» в 9 классе.....147
Пірманова С. Б.
Интерактивті технологиялар жылу физикасы бөлімін оқытуда оқушылардың сыни тұрғысынан ойлауын дамыту құралы ретінде 152

Секция 4
Компьютерлік ғылымдар саласындағы зерттеулер
Исследования в области компьютерных наук

Amanbayev B., Myrzakerimova A.
Vehicle Classification on Toll Roads via Computer Vision:
A Machine Learning Approach 159
Анарқұл Г. С.
Мобильді қосымшалар тақырыбын жаңа қосымша құру технологияларын қолданып оқыту әдістемесі.....167
Ермекова А. А., Кайрулла М. К., Еренбек А. Р.
Исскуственный интеллект глазами ученика 172
Ершенев Д. К., Оспанова Н. Н.
Жасанды интеллект негізінде білім алушылардың жазбаша жұмыстарын автоматты тексерудің әдістері мен тәсілдері.....178
Испулов Н. А., Ержанов Д. Е.
Stem технологиясы: Шетел тәжірибесі және Қазақстандағы жағдайы.....185

Кабжекенов А. Р., Токжигитова Н. К.
Аналитика обучения на онлайн-образовательных платформах: архитектура, методы и приложения.....191
Кабжекенов А. Р., Токжигитова Н. К.
Rule-based подход к выявлению студентов группы риска в e-learning: Интерпретируемый дашборд и объяснимая аналитика 197
Кожегельдинов Б. Е.
«Обзор информационного веб-сервиса, ориентированного на киберспорт».....204
Муханов Т. С., Токжигитова Н. К.
Применение современных цифровых платформ для изучения иностранных языков.....212
Оспанова Н. Н., Жүсіп Н. Н.
Ғимарат ішіндегі адамдардың тығыздығын және нақты санын жоғары дәлдікпен анықтайтын және ғимаратты басқару жүйесіне интеграцияланатын, бейнебақылау деректеріне негізделген жасанды интеллект қосымшасының әзірлеу 219
Токжигитова А. Н., Жиренова А. К.
Геймификация как инструмент управления вовлеченностью в образовательный процесс.....223
Токжигитова А. Н., Верещагин Р. А.
Влияние и развитие карт и 3D-гидов в университетской среде.....229
Турсунбеков С. Е.
Архитектура системы обнаружения вредоносных .NET-файлов на основе статического анализа и алгоритма isolation forest.....236

Секция 5
Жасанды интеллект және қолданбалы аспектілері
Искусственный интеллект и прикладные аспекты

Алханова Г. А., Канафин А. Б.
Evolution of Digital Education: Integrating Game Mechanics and Artificial Intelligence in Children’s Learning.....241
Амантай А. А., Аканова А. А.
Роль UX/UI-дизайна в жизненном цикле разработки программного обеспечения (SDLC).....247
Амренова К. У., Касетова С. Р., Аленова Т. З.
Преимущества и перспективы использования искусственного интеллекта в обучении языка программирования 251
Андреев А. А., Аканова А. С.
Возможность использования мультимодальных моделей для мониторинга деградации земельных ресурсов 258
Ахмедия Е. Е., Оспанова Н. Н.
Эволюция подходов к анализу временных рядов: от классической эконометрики к методам машинного обучения.....263

Ахметова М. Х.
Использование технологий искусственного интеллекта
как инструмента модернизации учебного процесса.....267
Баутинов Б. К.
Анализ методов прогнозирования предпочтений
в электронной коммерции.....273
Бекет Ш. М., Муканова Н. У.
Продвижение эко-брендов с помощью генерации рекламных
фото и видео с использованием искусственного интеллекта.....281
Бекетайулы Д., Карменова М. А.
Білім алушылардың оқуға тартылуын арттыруда
геймификация тәсілін қолдану негізінде интерактивті
ойындық білім беру ортасын әзірлеу.....288
Yerzhan A. Y., Murat A.
Neural Network Applications in Kazakh-Language
Media: Challenges of a Low-Resource Environment.....296
Жакупов К. Т., Токжигитова Н. К.
Возможности мобильных приложений для изучения
математики с применением искусственного интеллекта.....303
Касенова А.
Совершенствование системы управления предприятиями
металлургического комплекса региона на основе
применения систем искусственного интеллекта 307
Касенова А.
Искусственный интеллект как инструмент цифровой
трансформации системы управления предприятиями
металлургического комплекса региона 314
Куватов А. А., Токжигитова Н. К.
Веб-жүйеде археологиялық материалдарды жіктеу
үшін мәтіндік сипаттамаларды талдау әдістерін қолдану.....321
Кусаинов К. К., Ишанов А. К.
Искусственный интеллект в правовой системе
Республики Казахстан: Теоретико-правовые
основы и принцип приоритета человеческого контроля 327
Мерген Ж. С.
Жасанды интеллект және қолданбалы аспектілері 330
Найманова Д. С., Даутова А. З.
Модель оценки конкурентоспособности выпускников технических
специальностей на основе искусственного интеллекта 337
Найманова Д. С., Садриев В. Р.
Обзор и анализ использования технологий
искусственного интеллекта для автоматизации
и поддержки процессов в сфере информационных технологий 342

Ондасынов А. Р., Токжигитова Н. К.
Исследование методов и программных решений по выявлению
дефектов автомобилей на основе анализа изображений.....346
Оспанова Н. Н., Ахмет Д. М.
Интеллектуальные системы управления личными
финансами с элементами искусственного интеллекта.....352
Оспанова Н. Н., Валиев Р. В.
Сравнительный анализ математических моделей
биологического и искусственного нейрона.....361
Рахметов А. К., Токжигитова Н. К.
Программалауды үйрену үшін көмекші құрал ретінде
жасанды интеллектке негізделген чат боттарды талдау 366
Сагинбекова Ж. С., Оспанова Н. Н.
IoT мамандарын даярлау мәселелері 372
Салоников Е. А., Караджа Дж.
Современные инструменты с применением
больших языковых моделей.....376
Сембаева А. С.
Дополненная реальность в рекламе:
Обзор литературы по трансформации
опытного маркетинга и вовлечённости потребителей 381
Табылдина А. Т., Абдулла Ә. Е., Лайсханов Ш. У.
Білім беру үдерісінде жасанды интеллект
технологияларын қолдану арқылы студенттердің
экологиялық-географиялық құзыреттілігін дамыту.....390
Четвериков Ф. В., Найманова Д. С.
Обзор и анализ методов нейросетевого вероятностного
прогнозирования метеопараметров для информационных систем.....397
Шонова А. С.
Искусственный интеллект и прикладные
аспекты на уроках физики.....401
Шуленов А. А., Оспанова Н. Н.
Семантический поиск на основе нейросетевых методов.....405

Секция 6
Математиканың өзекті мәселелері
Актуальные вопросы математики

Айдарханов А. F., Павлюк И. И.
Анализ структуры и визуализация диэдральной группы порядка 16.....411
Aidarkhanov A., Pavlyuk I. I.
Visualization of Selected Algebraic Structures
in the Dihedral Group of Order 10.....417

Богданова Ю. Н., Тусупова А. Ж.
Развитие аналитических навыков учащихся 9 классов
через проблемное обучение и работу с учебными моделями 422
Дюсембина Ж. К., Бахытжанқызы Д.
Математика пәнін оқытуда цифрлық ресурстарды
тиімді пайдалану жолдары.....428
Кожагельдинова Г. Н., Адамов И. Б.
Математика сабағында сторителлинг әдісін қолдану.....434
Мельникова А. И., Павлюк И. И.
Цифровизация симметрий фигуры тетраэдра. Часть 1. 439
Мельникова А. И., Павлюк И. И.
Цифровизация симметрий фигуры тетраэдра. Часть 2. 444

Ауыл шаруашылығы және АӨК
Сельское хозяйство и АПК

Секция 7
Биотехнологиялар және ауыл шаруашылық өнімдерін қайта өңдеу
Биотехнологии и переработка сельскохозяйственной продукции

Abisheva Zh., Mukhamejanova A.
Development of Innovative Technologies
for the Production of Large-Size Meat Products in Compliance
with Halal Standards Based on Horse Meat and Poultry Meat.....449
Абишева Ж. С.
Ірі кесекті ет өнімдерін өндіру технологиясы:
Сапа, құрылым және органолептикалық қасиеттерді сақтау.....452
Абишева Ж. С.
Жылқы етін өсімдік текті компоненттермен байыту
арқылы күнделікті тағам өнімдерін қалыптастыру.....459
Адельханова А. Б., Мусаипова С. С., Исаева К.С.
Влияние различных видов закваски
на процесс ферментации кумыса.....464
Айтмуханбетова Д. А., Турганова С. М.
Биөнімдер мен экологиялық ет өндірісінің дамуы:
Қазақстан агроөнеркәсіп кешеніндегі
«Жасыл экономика» аспектісі 471
Веселовский И. Е., Капшакбаева З. В.
Применение технологий искусственного интеллекта
в пищевой биотехнологии:
Оценка качества молока и оптимизация его переработки 476

Zhussupbayeva D. A., Tuganova B. S.
Comparative Evaluation of Commercial β-Galactosidase Preparations for
Enzymatic Lactose Hydrolysis in Milk Mixtures 482
Ибраева А. Д., Аникина И. Н.
Влияние фитогормонов на рост и развитие
тыквенных культур (Cucurbitaceae) 489
Исаева К. С., Темирбулатова С. А.
Использование ферментных препаратов
для производства мясных продуктов.....496
Исаева Қ. С., Темиржанова З. Н.
Ешкі етін ферменттер, өсімдік компоненттері және стартерлік
культуралар арқылы биотехнологиялық өңдеу 499
Issayeva K. S., Mukhamejanova A. S., Temirbulatova S. A.
Comparative Evaluation of Proteolytic Enzymes in Meat Tenderization: Bio-
chemical Mechanisms and Industrial Applications 506
Mukhamejanova A. S., Tolegenova A. Zh.
Recent Advances in Processing Technologies
for Improving the Quality of Mutton-Based Meat Products.....509
Smagulov R. M.
Effects of fusarium species on crop yield and quality 514
Толегенова А. Ж.
Совершенствование технологии производства
мясных изделий из мяса МРС.....518
Шарапатова М. М., Исаева К. С.
Перспективы переработки баранины местных пород овец
с применением биотехнологических методов 523

Секция 8
Өсімдік және орман шаруашылығындағы инновациялар
Инновации в растениеводстве и лесном хозяйстве

Актаев А. К., Уахитов Ж. Ж.
Адаптивные элементы технологии возделывания
картофеля в условиях Павлодарской области.....531
Мангутов А. Т., Уахитов Ж. Ж.
Аймақтық агроөнеркәсіп кешені жағдайында өсімдік шаруашылығы
саласының бәсекеге қабілеттілігін арттыру бағыттары.....537
Мустафа Д. М., Уахитов Ж. Ж.
Экологическое сортоиспытание гибридов подсолнечника
в условиях павлодарской области 542
Тукинов Р. Я., Уахитов Ж. Ж., Сейтханова К. К.
Роль минимальной обработки почвы
при выращивании подсолнечника.....548

Секция 9
Ветеринария және зоотехнологиядағы инновациялар
Инновации в зоотехнологиях и ветеринарии

Алимова Ж. К., Бурамбаева Н. Б., Темиржанова А. А., Абельдинов Р. Б., Атейхан Б., Титанов Ж. Е.
Қойларды азықтандырудың маңыздылығы 554
Атейхан Б., Бурамбаева Н. Б., Темиржанова А. А., Абельдинов Р. Б., Титанов Ж. Е., Қайрамханұлы М.
Қазақтың қылшық жүнді құйрықты қой тұқымы қозыларының өсу динамикасы 559
Бексеитов Т. К., Жумабекова Б. М.
Промышленное скрещивание овец как фактор повышения продуктивности в Северо-Восточном Казахстане.....565
Орынбекова А. Н.
Қорғалжын мемлекеттік табиғи қорығындағы Есей су айдынындағы алабұғалар (Percidae) тұқымдасының морфобиологиясы және өзгергіштік белгілері.....571
Яшонков Р. Ю., Рыспеков Р. А.
Качество жизни как философский критерий принятия решений в ветеринарной хирургии 574

«XXVI СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫ» АТТЫ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ МАТЕРИАЛДАРЫ

VIII том

Техникалық редактор З. С. Искакова
Корректор: Д. А. Кожас
Компьютерде беттеген: З. С. Искакова
Басуға 25.04.2026 ж.
Әріп түрі Times.
Пішім 29,7 × 42 $^{1}/_{4}$. Офсеттік қағаз.
Шартты баспа табағы 34,2. Таралымы 500 дана.
Тапсырыс № 4537

«Toraighyrov University» баспасы
«Торайғыров университеті» КЕАҚ
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64.