

ISSN 3007-1674

АЗАМАТТЫҚ ҚОРҒАУДАҒЫ ҒЫЛЫМ МЕН БІЛІМ

**SCIENCE AND EDUCATION
IN CIVIL PROTECTION**

**НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ
В ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЕ**

№ 2(62) / 2026

2011 жылдан бастап шығады

Founded in 2011

Издается с 2011 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

КӨКШЕТАУ 2026

«Азаматтық қорғаудағы ғылым мен білім» ғылыми журналы № 2(62), 2026 ж., маусым.
2011 жылдың наурызынан бастап шығарылады. 2011-2020 жылдары «Көкшетау техникалық институтының хабаршысы» атауымен шығарылған.

Меншік иесі: Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігінің Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы.

Журнал Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінде 2021 жылғы 25 маусымда тіркелген. Куәлік № KZ37VPY00037096. Бастапқы есепке қою күні мен нөмірі № 11190-Ж, 14.10.2010 ж.

2023 жылдан бастап ғылыми қызметтің негізгі нәтижелерін жариялау үшін Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынатын басылымдар тізбесіне кіреді (08.09.2025 ж. № 1531 бұйрық).

Қазақстандық ғылыми дәйексөз индексіне (КазҒДИ) енгізілген.

Бас редактор: Хасенов Ж.Х., қауым. профессор (доцент)

Бас редактордың орынбасары: Әлменбаев М.М., техника ғылымдарының кандидаты, қауым. профессор (доцент)

Редакциялық кеңестің құрамы:

Шәріпханов С.Д., техника ғылымдарының докторы, қауым. профессор (доцент) (ҚР, Астана)

Алешков М.В., техника ғылымдарының докторы, профессор (РФ, Мәскеу)

Байшагиров Х.Ж., техника ғылымдарының докторы (ҚР, Көкшетау)

Кошумбаев М.Б., техника ғылымдарының докторы (ҚР, Астана)

Мансуров З.А., химия ғылымдарының докторы, профессор (ҚР, Алматы)

Сивенков А.Б., техника ғылымдарының докторы, профессор (РФ, Мәскеу)

Тарахно Е.В., техника ғылымдарының докторы, доцент (Украина, Харьков)

Әкімбаев Е.Ж., техника ғылымдарының кандидаты, қауым. профессор (доцент) (ҚР, Астана)

Арифджанов С.Б., техника ғылымдарының кандидаты (ҚР, Астана)

Батуро А.Н., техника ғылымдарының кандидаты, доцент (РФ, Железногорск)

Джумағалиев Р.М., техника ғылымдарының кандидаты, профессор (ҚР, Алматы)

Жаулыбаев А.А., техника ғылымдарының кандидаты, қауым. профессор (доцент) (ҚР, Астана)

Камлюк А.Н., физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент (Беларусь Республикасы, Минск)

Раимбеков К.Ж., физика-математика ғылымдарының кандидаты, қауым. профессор (доцент) (ҚР, Көкшетау)

Редакциялық алқаның құрамы:

Құсайынов А.Б., техника ғылымдарының кандидаты, қауым. профессор (доцент);

Мақышев Ж.Қ., техника ғылымдарының кандидаты, қауым. профессор (доцент); **Захаров И.А.,**

техника ғылымдарының кандидаты, қауым. профессор (доцент); **Абдрахманов А.А.,** әскери

ғылымдарының кандидаты; **Қайырбеков К.Қ.,** әскери ғылымдарының кандидаты;

Мұсайбеков А.Ғ., техника ғылымдарының кандидаты; **Шуматов Э.Ғ.,** философия ғылымдарының

кандидаты; **Касымова С.К.,** филология ғылымдарының кандидаты.

«Азаматтық қорғаудағы ғылым мен білім» ғылыми журналы – өрт және өнеркәсіптік қауіпсіздік, азаматтық қорғаныс, табиғи және техногендік сипаттағы төтенше жағдайлардың алдын алу мен жою саласындағы зерттеулерге, арналған мерзімді басылым.

© Қазақстан Республикасы ТЖМ
Мәлік Ғабдуллин атындағы
Азаматтық қорғау академиясы, 2026

Scientific journal “Science and education in civil protection” No. 2(62), 2026, June.

First published since March 2011. In 2011-2020 it was published under the title “Bulletin of the Kokshetau Technical Institute”.

Proprietor: Academy of Civil Protection named after Malik Gabdullin of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan.

The journal was registered in the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan on June 25, 2021. Certificate No. KZ37VPY00037096. Date and number of initial registration No. 11190-Zh, 10/14/2010.

Since 2023, it has been included in the List of publications recommended by the Committee for Quality Assurance in Science and Higher Education of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan for publishing the main results of scientific activities (Order No. 1531 dated 09/08/2025).

It is included in the Kazakhstan Science Citation Index (KazINC).

Chief Editor: **Khasenov J.H.**, Associate Professor (docent)

Deputy Chief Editor: **Almenbayev M.M.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (docent)

Members of the editorial board:

Shariphanov S.D., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor (docent) (RK, Astana)

Aleshkov M.V., Doctor of Technical Sciences, Professor (RF, Moscow)

Baishagirov Kh.Zh., Doctor of Technical Sciences (RK, Kokshetau)

Koshumbaev M.B., Doctor of Technical Sciences (RK, Astana)

Mansurov Z.A., Doctor of Chemical Sciences, Professor (RK, Almaty)

Sivenkov A.B., Doctor of Technical Sciences, Professor (RF, Moscow)

Tarakhno E.V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor (Ukraine, Kharkov)

Akimbaev E.Zh., Candidate of technical sciences, Associate Professor (docent) (RK, Astana)

Arifdzhanov S.B., Candidate of Technical Sciences (RK, Astana)

Baturo A.N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (RF, Zheleznogorsk)

Dzhumagaliev R.M., Candidate of Technical Sciences, professor (RK, Almaty)

Zhaulibayev A.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (RK, Astana)

Kamlyuk A.N., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor (Republic of Belarus, Minsk)

Raimbekov K.Zh., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, (associate professor) (RK, Kokshetau)

Members of the editorial board:

Kusainov A.B., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (docent); Makishev Zh.K., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (docent); Zakharov I.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (docent); Abdrakhmanov A.A., Candidate of Military Sciences; Kairbekov K.K., Candidate of Military Sciences; Musaibekov A.G., Candidate of Technical Sciences; Shumatov E.G., Candidate of Philosophical Sciences; Kasymova S.K., Candidate of Philological Sciences.

The scientific journal “Science and Education in Civil Protection” is a periodical publication devoted to research in the field of fire and industrial safety, civil defense, prevention and response to natural and man-made emergencies.

Научный журнал «Наука и образование в гражданской защите» № 2(62), 2026 г., июнь.
Издается с марта 2011 года. В 2011-2020 годах выходил под названием «Вестник Кокшетауского технического института».

Собственник: Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан.

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации и общественного развития Республики Казахстан 25 июня 2021 г. Свидетельство № KZ37VPY00037096. Дата и номер первичной постановки на учет № 11190-Ж, 14.10.2010 г.

С 2023 года включен в Перечень изданий, рекомендуемых Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан для публикации основных результатов научной деятельности (Приказ № 1531 от 08.09.2025 г.).

Включен в Казахстанский индекс научного цитирования (КазИНЦ).

Главный редактор: Хасенов Ж.Х., асс. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора: Альменбаев М.М., кандидат технических наук, асс. профессор (доцент)

Состав редакционного совета:

Шарипханов С.Д., доктор технических наук, асс. профессор (доцент) (РК, Астана)

Алешков М.В., доктор технических наук, профессор (РФ, Москва)

Байшагиров Х.Ж., доктор технических наук (РК, Кокшетау)

Кошумбаев М.Б., доктор технических наук (РК, Астана)

Мансуров З.А., доктор химических наук, профессор (РК, Алматы)

Сивенков А.Б., доктор технических наук, профессор (РФ, Москва)

Тарахно Е.В., доктор технических наук, доцент (Украина, Харьков)

Акимбаев Е.Ж., кандидат технических наук, асс. профессор (доцент) (РК, Астана)

Арифджанов С.Б., кандидат технических наук (РК, Астана)

Батуро А.Н., кандидат технических наук, доцент (РФ, Железнодорожск)

Джумагалиев Р.М., кандидат технических наук, профессор (РК, Алматы)

Жаулыбаев А.А., кандидат технических наук, асс. профессор (доцент) (РК, Астана)

Камлюк А.Н., кандидат физико-математических наук, доцент (Республика Беларусь, Минск)

Раимбеков К.Ж., кандидат физико-математических наук, асс. профессор (доцент) (РК, Кокшетау)

Состав редакционной коллегии:

Кусаинов А.Б., кандидат технических наук, асс. профессор (доцент); Макишев Ж.К., кандидат технических наук, асс. профессор (доцент); Захаров И.А., кандидат технических наук, асс. профессор (доцент); Абдрахманов А.А., кандидат военных наук; Каирбеков К.К., кандидат военных наук; Мусайбеков А.Г., кандидат технических наук; Шуматов Э.Г., кандидат философских наук; Касымова С.К., кандидат филологических наук.

Научный журнал «Наука и образование в гражданской защите» – периодическое издание, посвящённое исследованиям в области пожарной и промышленной безопасности, гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

МАЗМУНЫ – CONTENTS –СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ, ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ

<i>Шарипханов С.Д., Муқанов А.К., Дабаев А.И., Несипова С.С., Мусабекова А.С.</i> Развитие научных подходов к оценке и управлению радиационными рисками в системе гражданской защиты Республики Казахстан	6
<i>Дурмагамбетов А.А., Ильяшева Г.И., Раимбеков К.Ж.</i> Методология предупреждения чрезвычайных ситуаций, обусловленных сходами поездов, на основе цифрового контроля геометрии железнодорожного пути	17
<i>Қуанышбаев М.С., Арифджанов С.Б., Закиров А.К.</i> Разработка структурной модели оперативно-дежурной смены командного центра Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан	25
<i>Қусаинов А.Б., Раимбеков К.Ж., Альменбаев М.М., Солтанбек Д.Ж.</i> Математическая модель распределения гуманитарной помощи при трансграничных чрезвычайных ситуациях	32
<i>Қасенов Д.Д., Қалқабек А.М., Қажыбаев К.С., Қуртаев С.Ж.</i> Способ проведения комплексных аэродинамических, тепловых и тепломеханических испытаний конструкций беспилотных авиационных систем для повышения надежности и безопасности эксплуатации	38
<i>Қабашев Б.М., Бурнаев З.Р., Жаулыбаев А.А., Абдрахманов А.А.</i> К вопросу о формировании профессиональной готовности специалистов радиационной, химической и биологической защиты	48
<i>Osipov R.D., Kairbekov K.K., Zhaguparov ZH.E., Kalieva G.K., Aiteev A.S.</i> The role of graphical modelling of an emergency situation in ensuring rational decision-making at the operational level	58
<i>Саменов Е.Қ., Әбдіхалықұлы М., Мұсайбеков А.Ғ., Саменова Г.Д.</i> Азаматтық қорғау жүйесіндегі төтенше жағдайлардың автоматтандырылған ақпараттық-аналитикалық және басқару жүйесінің интеграцияланған көпфункционалдык платформасының тиімділігін бағалау	65

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

<i>Дадашов И.Ф., Юнусов М.М.</i> Интеграция стохастических архитектур и архитектур глубокого обучения для прогнозирования пожарных рисков	73
<i>Джумағалиев Р.М., Кокушев О.К., Джумағалиев Т.Р., Димитров В.К., Қлышбаев М.Б.</i> Проблемы оценки индивидуального пожарного риска на стадии проектирования	84
<i>Ақжанов Т.К., Оспанов Қ.К., Голев В.В., Ғазез Д.Б., Моргунов А.Н.</i> Қазақстан Республикасындағы биік ғимараттардың қасбеттері бойымен өрттің конвективті ағындарының таралуына жел бағытының әсері	94

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ, ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ

УДК 614.876:355.58
МРНТИ 81.93.23

**С. Д. Шарипханов, А. К. Муканов, А. И. Дабаев,
С. С. Несипова, А. С. Мусабекова**

*ТОО «Казахстанский научно-исследовательский, обучающий центр в области
гражданской защиты и охраны труда» (КазНИОЦ ГЗиОТ), Астана, Казахстан*

РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ И УПРАВЛЕНИЮ РАДИАЦИОННЫМИ РИСКАМИ В СИСТЕМЕ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по развитию научных подходов к оценке и управлению радиационными рисками в условиях развития атомной энергетики Республики Казахстан. Рассмотрены концепция интегральной оценки радиационного риска, алгоритм классификации уровней риска и возможности применения цифровых технологий для поддержки принятия решений в системе гражданской защиты. Обоснованы перспективные направления совершенствования радиационной безопасности, включая развитие прогнозирования, мониторинга, подготовки кадров и научно-методического обеспечения.

Ключевые слова: радиационная безопасность, радиационный риск, гражданская защита, атомная энергетика, оценка риска, радиационный мониторинг, поддержка принятия решений.

Введение. Развитие атомной энергетики и расширение использования ядерных технологий обуславливают необходимость дальнейшего совершенствования системы обеспечения радиационной безопасности Республики Казахстан и повышения готовности органов гражданской защиты к реагированию на возможные радиационные чрезвычайные ситуации.

Несмотря на значительный международный опыт в области оценки радиационных рисков, существующие подходы в основном ориентированы на обеспечение безопасности ядерных объектов и не в полной мере учитывают особенности национальной системы гражданской защиты [1-5]. Это обуславливает необходимость развития научных подходов, адаптированных к условиям Республики Казахстан.

Целью статьи является обобщение результатов исследований в области оценки и управления радиационными рисками, анализ их практической значимости для системы гражданской защиты и определение перспективных направлений дальнейшего развития радиационной безопасности.

1. Современные подходы к оценке радиационных рисков и предпосылки разработки национальной модели

Проблема оценки и управления радиационными рисками остаётся одним из ключевых направлений международных исследований и практической деятельности в области ядерной и радиационной безопасности. Развитие атомной энергетики и использование источников ионизирующего излучения обусловили формирование риск-ориентированных подходов, основанных на анализе вероятности возникновения опасных событий и оценке их возможных последствий.

Существенный вклад в развитие современных методов оценки радиационных рисков внесли МАГАТЭ, ICRP, OECD/NEA, NRC и другие международные организации [1-8]. Разработанные ими подходы предусматривают комплексный учёт вероятности аварий, масштабов возможного воздействия и эффективности защитных мероприятий. В последние годы широкое развитие получили методы вероятностного анализа безопасности (PRA), модели прогнозирования распространения радиоактивного загрязнения, геоинформационные технологии и системы поддержки принятия решений [6-8].

Вместе с тем большинство существующих подходов ориентированы преимущественно на обеспечение безопасности ядерных объектов и в меньшей степени учитывают особенности функционирования национальных систем гражданской защиты. Для Республики Казахстан данная проблема имеет особую актуальность в связи с развитием атомной энергетики, территориальной протяжённостью страны и необходимостью обеспечения готовности органов управления и сил гражданской защиты к реагированию на возможные радиационные чрезвычайные ситуации.

Кроме того, многие зарубежные модели разработаны для стран с длительным опытом эксплуатации атомных электростанций и требуют значительных объёмов исходных данных, что ограничивает возможности их прямого применения в национальных условиях. Это обуславливает необходимость развития адаптированных научных подходов, учитывающих международный опыт и особенности системы гражданской защиты Республики Казахстан [9, 10].

Указанные обстоятельства определили необходимость разработки интегральной модели оценки радиационного риска, ориентированной на поддержку принятия решений и учитывающей технические, пространственные, социальные, экологические и организационные факторы, влияющие на возможные последствия радиационных чрезвычайных ситуаций.

2. Концептуальные основы оценки и управления радиационными рисками

Концепция интегральной оценки радиационного риска в системе гражданской защиты. Для целей гражданской защиты оценка радиационного риска должна учитывать не только параметры возможной аварии, но и особенности территории, населения, окружающей среды и готовности системы реагирования.

Концепция интегральной оценки радиационного риска основана на рассмотрении риска как комплексной характеристики, формируемой совокупностью технических, пространственных, социальных, экологических и организационных факторов. Под интегральным радиационным риском понимается обобщённый показатель, отражающий вероятность возникновения радиационной чрезвычайной ситуации и тяжесть её возможных последствий [1-5, 6].

Такой подход обеспечивает переход от оценки отдельных параметров радиационной опасности к системному анализу возможных последствий чрезвычайной ситуации и позволяет использовать результаты оценки риска при планировании защитных мероприятий, распределении сил и средств и подготовке управленческих решений.

Структура интегральной модели радиационного риска. Практическая реализация предложенной концепции предусматривает формирование интегральной модели оценки радиационного риска, объединяющей ключевые факторы, оказывающие влияние на развитие и последствия радиационных аварий.

В структуру модели включены семь взаимосвязанных показателей:

- вероятность реализации аварийного сценария (P_s);
- потенциальная радиационная доза воздействия (D);
- пространственный масштаб распространения последствий (S);
- продолжительность воздействия опасных факторов (T);
- уязвимость населения и территории (V);
- экологическая чувствительность территории (E);
- уровень готовности системы реагирования (G^*).

Значения указанных показателей используются при расчёте интегрального показателя радиационного риска по следующей зависимости (1).

$$R_{rad} = 0.15P_s + 0.20D + 0.20S + 0.10T + 0.15V + 0.10E + 0.10G^* \quad (1)$$

где R_{rad} – интегральный показатель радиационного риска.

Весовые коэффициенты определены экспертно-аналитическим методом с учётом относительной значимости факторов риска [11]. Подробное описание методики расчёта приведено в ранее опубликованных работах автора и разработанной методике оценки радиационного риска.

Включение в модель технических, социальных, экологических и организационных факторов обеспечивает комплексную оценку риска и позволяет учитывать как вероятность возникновения радиационного события, так и масштабы его возможных последствий, уровень уязвимости территории и готовность системы гражданской защиты к реагированию.

Алгоритм оценки и классификации радиационных рисков. Алгоритм включает сбор и обработку информации, идентификацию сценария аварии, определение частных показателей риска, их нормализацию, расчёт интегрального показателя и последующую классификацию уровня риска. Такой подход обеспечивает стандартизацию процедуры оценки риска и сопоставимость результатов при анализе различных сценариев радиационных чрезвычайных ситуаций.

Для практического использования результатов оценки разработана классификация уровней радиационного риска, предусматривающая выделение четырёх категорий: низкий, умеренный, высокий и критический риск. Каждому уровню соответствуют рекомендуемые меры реагирования и защитные мероприятия, что позволяет использовать результаты расчётов непосредственно в деятельности органов управления и сил гражданской защиты [11].

Предложенный алгоритм может применяться как для отдельных объектов ядерной инфраструктуры, так и для оценки рисков на территориальном уровне.

Цифровые технологии и искусственный интеллект в поддержке принятия решений. Современное развитие систем гражданской защиты характеризуется активным внедрением цифровых технологий, геоинформационных систем и методов искусственного интеллекта, позволяющих повысить качество анализа обстановки и эффективность принимаемых решений. В условиях радиационных чрезвычайных ситуаций особую значимость приобретает оперативная обработка больших объёмов информации, поступающей различных источников [12].

Интегральная модель оценки радиационного риска создаёт методическую основу для использования технологий искусственного интеллекта в процессах анализа и прогнозирования радиационной обстановки. Применение интеллектуальных алгоритмов позволяет автоматизировать обработку данных, выявлять аномальные изменения радиационного фона, анализировать тенденции развития ситуации и формировать прогнозные оценки уровня риска.

Перспективным направлением является применение методов машинного обучения и интеграция технологий искусственного интеллекта с геоинформационными системами и системами поддержки принятия решений для прогнозирования радиационной обстановки и подготовки управленческих решений.

Представленные подходы формируют методическую основу комплексной оценки и управления радиационными рисками и создают предпосылки для развития интеллектуальных систем прогнозирования, радиационного мониторинга и поддержки принятия решений в интересах гражданской защиты Республики Казахстан.

3. Значение результатов исследования для развития системы гражданской защиты Республики Казахстан

Полученные результаты имеют практическое значение для совершенствования системы обеспечения радиационной безопасности Республики Казахстан и повышения готовности органов гражданской защиты к реагированию на радиационные чрезвычайные ситуации.

Разработанная методика позволяет осуществлять комплексную оценку радиационных рисков на основе единого интегрального показателя, учитывать влияние различных факторов риска и формировать обоснованные управленческие решения в условиях неопределённости. Использование предложенного подхода создаёт предпосылки для повышения эффективности планирования мероприятий по защите населения, рационального распределения сил и средств реагирования, а также совершенствования процедур мониторинга и прогнозирования возможных последствий радиационных аварий [11, 13].

Результаты исследования внедрены в образовательный процесс Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан и используются при подготовке специалистов в области гражданской защиты и радиационной безопасности. Практическая апробация разработанных подходов также осуществлена в деятельности органов гражданской защиты.

Проведенные исследования способствовали формированию в ТОО «Казахстанский научно-исследовательский и обучающий центр гражданской защиты и охраны труда» специализированное научное направление, ориентированное на разработку методов оценки и управления радиационными рисками в интересах системы гражданской защиты Республики Казахстан.

**Теоретические и практические аспекты предупреждения,
ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны**



Рисунок 1 – Концептуальная схема развития научного направления в области оценки и управления радиационными рисками в Республике Казахстан

Рисунок 1 отражает взаимосвязь между современными вызовами радиационной безопасности, развитием научно-методических подходов к оценке риска, их практическим внедрением и перспективными направлениями дальнейших исследований.

Основные результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные результаты ИНИР №0126РКИ0011 и направления их дальнейшего развития

Полученный результат	Научная значимость	Практическое применение	Перспектива развития
Концепция интегральной оценки радиационного риска	Формирование методологической основы оценки риска	Использование при анализе радиационных угроз	Развитие национальной научной школы
Интегральная модель радиационного риска	Комплексный учёт технических, социальных и организационных факторов	Оценка риска на объектах и территориях	Создание цифровых моделей оценки риска
Алгоритм оценки и классификации риска	Стандартизация процедуры анализа	Поддержка принятия решений органами гражданской защиты	Автоматизация расчётов
Методика оценки радиационного риска	Адаптация международного опыта к условиям Казахстана	Планирование защитных мероприятий	Разработка национального стандарта

Продолжение таблицы 1

Полученный результат	Научная значимость	Практическое применение	Перспектива развития
Учебно-методическое пособие	Научно-методическое обеспечение подготовки кадров	Использование в образовательном процессе	Развитие образовательных программ
Свидетельство об интеллектуальной собственности	Защита научных результатов	Трансфер технологий и методик	Создание новых объектов ИС
Научные публикации и внедрение результатов	Распространение научных знаний	Внедрение в деятельность МЧС и АГЗ	Развитие последующих НИР
Направления применения ИИ и DSS	Формирование цифрового направления исследований	Интеллектуальная поддержка принятия решений	Создание национальной DSS по радиационной безопасности

Представленные результаты, отражённые в исследованиях и публикациях авторов [11–13], подтверждают перспективность риск-ориентированного подхода для развития научно-методического обеспечения радиационной безопасности, подготовки специалистов и совершенствования механизмов поддержки принятия решений в системе гражданской защиты.

4. Перспективы дальнейших исследований и развития системы радиационной безопасности Республики Казахстан

Развитие атомной энергетики, расширение использования ядерных технологий и укрепление международного сотрудничества в области ядерной и радиационной безопасности обуславливают необходимость дальнейшего совершенствования национальной системы обеспечения радиационной безопасности. В этих условиях особую актуальность приобретает формирование комплексного научного, организационного и технологического подхода, ориентированного на предупреждение радиационных чрезвычайных ситуаций, снижение возможных последствий аварий и повышение готовности органов управления, сил гражданской защиты и населения к действиям в условиях радиационных угроз.

Совершенствование прогнозирования, мониторинга и реагирования на радиационные чрезвычайные ситуации. Одним из приоритетных направлений дальнейшего развития является совершенствование методов прогнозирования распространения радиоактивного загрязнения, оценки последствий радиационных аварий и научного обоснования защитных мероприятий. Особое значение приобретают исследования по разработке моделей пространственно-временного прогнозирования радиационной обстановки, оценке влияния природно-климатических факторов на распространение радиоактивных веществ, а также определению зон наблюдения, укрытия, эвакуации и ограничения доступа с учётом особенностей территорий Республики Казахстан.

Важным направлением является развитие единой системы радиационного мониторинга, обеспечивающей интеграцию данных стационарных и мобильных средств наблюдения, автоматизированных систем контроля, геоинформационных ресурсов и средств связи. Особое внимание должно уделяться созданию мобильных комплексов радиационной разведки, совершенствованию систем оповещения органов управления, сил гражданской защиты и населения, а также повышению устойчивости функционирования систем управления в различных режимах гражданской защиты.

Важное значение имеет использование международного опыта МАГАТЭ, OECD/NEA, ICRP и других специализированных организаций с обязательной адаптацией к географическим, природно-климатическим, демографическим и инфраструктурным особенностям Республики Казахстан [1-5, 8]. Полученные научные результаты могут использоваться при совершенствовании планов гражданской защиты и реагирования на радиационные аварии, размещении защитных сооружений, формировании материальных резервов и организации мероприятий по защите населения и территорий.

Дополнительного развития требуют вопросы интеграции радиационной и промышленной безопасности, разработки единых подходов к мониторингу опасностей, предупреждению аварий и подготовке персонала к действиям в условиях комбинированных чрезвычайных ситуаций [13].

Цифровизация, подготовка кадров и формирование культуры безопасности. Современные цифровые технологии открывают новые возможности для совершенствования процессов оценки, прогнозирования и управления радиационными рисками. Одним из наиболее перспективных направлений является создание интеллектуальных систем поддержки принятия решений, обеспечивающих комплексный анализ радиационной обстановки, прогнозирование её развития и подготовку рекомендаций для органов управления на основе технологий искусственного интеллекта [12].

Важным условием эффективности подобных решений является интеграция информационных систем МЧС, акиматов различных уровней, организаций атомной отрасли, субъектов промышленной безопасности, систем мониторинга окружающей среды и других государственных информационных ресурсов в единое информационно-аналитическое пространство. Формирование такого контура позволит обеспечить координацию действий органов управления, своевременное приведение в готовность сил и средств гражданской защиты, использование материальных резервов и мобилизацию необходимых ресурсов при возникновении радиационных чрезвычайных ситуаций.

Не менее важным направлением является развитие системы подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов в области радиационной и промышленной безопасности, гражданской защиты и радиационного мониторинга, а также должностных лиц государственных органов и работников организаций. Существенное значение имеет развитие сотрудничества между научными организациями, профильными высшими учебными заведениями Республики Казахстан, включая Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва, и международными научно-образовательными центрами в области ядерной и радиационной безопасности.

Особое значение приобретает формирование культуры безопасности населения, основанной на достоверных научных знаниях и объективном понимании радиационных рисков. Важной задачей является повышение уровня информированности населения, преодоление необоснованных страхов, связанных с использованием ядерных технологий, а также создание единой информационно-образовательной платформы по вопросам радиационной безопасности для специалистов, должностных лиц и населения.

Таким образом, дальнейшее развитие системы радиационной безопасности Республики Казахстан должно основываться на интеграции научных исследований, современных технологий, подготовки кадров и механизмов гражданской защиты, обеспечивая безопасное развитие атомной энергетики и повышение защищённости населения и территорий.

Заключение. Развитие атомной энергетики и расширение использования ядерных технологий обуславливают необходимость дальнейшего совершенствования системы обеспечения радиационной безопасности Республики Казахстан. Проведённый анализ показал, что эффективное управление радиационными рисками требует комплексного учёта технических, пространственных, социальных, экологических и организационных факторов, а также интеграции современных методов прогнозирования, мониторинга и поддержки принятия решений.

Представленные в статье результаты демонстрируют возможности применения риск-ориентированного подхода для решения задач гражданской защиты и повышения эффективности мероприятий по предупреждению и ликвидации радиационных чрезвычайных ситуаций. Особое значение приобретают развитие систем радиационного мониторинга и оповещения, совершенствование механизмов межведомственного взаимодействия, подготовка кадров и формирование культуры безопасности населения.

Дальнейшее развитие радиационной безопасности должно основываться на интеграции научных исследований, международного опыта, цифровых технологий и практических потребностей системы гражданской защиты.

Статья подготовлена по результатам инициативной НИР №0126РКИ0011 «Разработка научных методов оценки и управления радиационными рисками в условиях планируемого развития атомной энергетики Республики Казахстан», зарегистрированной в АО «НЦГНТЭ» и выполненной ТОО «Казахстанский научно-исследовательский, обучающий центр в области гражданской защиты и охраны труда».

Список литературы

1. International Atomic Energy Agency. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 7. – Vienna: IAEA, 2015.
2. International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. – Vienna: IAEA, 2014.
3. International Commission on Radiological Protection. Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People in Emergency Exposure Situations. ICRP Publication 109. Annals of the ICRP. – 2009. – Vol. 39(1).
4. International Commission on Radiological Protection. Application of the Commission's Recommendations for the Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas after a Nuclear Accident or a Radiation Emergency. ICRP Publication 111. Annals of the ICRP. – 2009. – Vol. 39(3).
5. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly. – New York: United Nations, 2020.

6. Kaplan S., Garrick B.J. On the Quantitative Definition of Risk // Risk Analysis. – 1981. – Vol. 1(1). – P. 11–27.
7. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Probabilistic Risk Assessment (PRA). – Washington, DC: NRC.
8. International Atomic Energy Agency. A Framework for an Integrated Risk Informed Decision Making Process (INSAG-25). – Vienna: IAEA, 2011.
9. Республика Казахстан. Закон РК. О гражданской защите: принят 11 апреля 2014 года № 188-V ЗРК.
10. Республика Казахстан. Закон РК. Об использовании атомной энергии: принят 12 января 2016 года № 442-V ЗРК.
11. Шарипханов С.Д. Методические подходы к классификации радиационных рисков и выбору мер реагирования в системе гражданской защиты Республики Казахстан // Исторические аспекты, актуальные проблемы и перспективы развития гражданской обороны и гражданской защиты: материалы IV Международной научно-практической конференции. – Кокшетау: АГЗ МЧС РК, 2026. – С. 180–186.
12. Sharipkhanov S. Application of Artificial Intelligence Methods in Radiation Risk Assessment and Decision Support for Civil Protection Systems // Proceedings of ICCSDFAI 2026.
13. Sharipkhanov S., Raimbekov K., Mukanov A. Risk-Oriented Algorithm for Threat Assessment to Ensure Industrial Safety of Nuclear Industry Enterprises // Proceedings of the International Scientific Conference, 2026.

References

1. International Atomic Energy Agency. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 7. – Vienna: IAEA, 2015.
2. International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. – Vienna: IAEA, 2014.
3. International Commission on Radiological Protection. Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People in Emergency Exposure Situations. ICRP Publication 109. Annals of the ICRP. – 2009. – Vol. 39(1).
4. International Commission on Radiological Protection. Application of the Commission's Recommendations for the Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas after a Nuclear Accident or a Radiation Emergency. ICRP Publication 111. Annals of the ICRP. – 2009. – Vol. 39(3).
5. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly. – New York: United Nations, 2020.
6. Kaplan S., Garrick B.J. On the Quantitative Definition of Risk // Risk Analysis. – 1981. – Vol. 1(1). – P. 11–27.
7. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Probabilistic Risk Assessment (PRA). – Washington, DC: NRC.
8. International Atomic Energy Agency. A Framework for an Integrated Risk Informed Decision Making Process (INSAG-25). – Vienna: IAEA, 2011.
9. Respublika Kazakhstan. Zakon RK. O grazhdanskoj zashchite: prinyat 11 aprelya 2014 goda № 188-V ZRK.
10. Respublika Kazakhstan. Zakon RK. Ob ispol'zovanii atomnoj energii: prinyat 12 yanvarya 2016 goda № 442-V ZRK.

11. Shariphanov S.D. Metodicheskie podhody k klassifikacii radiacionnyh riskov i vyboru mer reagirovaniya v sisteme grazhdanskoj zashchity Respubliki Kazakhstan // Istoricheskie aspekty, aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya grazhdanskoj oborony i grazhdanskoj zashchity: materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Kokshetau: AGZ MCHS RK, 2026. – S. 180–186.

12. Sharipkhanov S. Application of Artificial Intelligence Methods in Radiation Risk Assessment and Decision Support for Civil Protection Systems // Proceedings of ICCSDFAI 2026.

13. Sharipkhanov S., Raimbekov K., Mukanov A. Risk-Oriented Algorithm for Threat Assessment to Ensure Industrial Safety of Nuclear Industry Enterprises // Proceedings of the International Scientific Conference, 2026.

С. Д. Шәріпханов, А. К. Мұқанов, А. И. Дабаев, С. С. Несіпова, А. С. Мұсабекова

«Азаматтық қорғау және еңбекті қорғау саласындағы Қазақстандық ғылыми-зерттеу және оқыту орталығы» ЖШС, Астана, Қазақстан

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ АЗАМАТТЫҚ ҚОРҒАУ ЖҮЙЕСІНДЕГІ РАДИАЦИЯЛЫҚ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАҒАЛАУ МЕН БАСҚАРУДЫҢ ҒЫЛЫМИ ТӘСІЛДЕРІН ДАМУ

Аңдатпа. Мақалада Қазақстан Республикасында атом энергетикасын дамыту жағдайында радиациялық тәуекелдерді бағалау мен басқарудың ғылыми тәсілдерін жетілдіру бойынша зерттеу нәтижелері ұсынылған. Радиациялық тәуекелді интегралды бағалау тұжырымдамасы, тәуекел деңгейлерін жіктеу алгоритмі және азаматтық қорғау жүйесінде шешім қабылдауды қолдау үшін цифрлық технологияларды пайдалану мүмкіндіктері қарастырылған. Болжау, радиациялық мониторинг, кадрлар даярлау және ғылыми-әдістемелік қамтамасыз ету жүйелерін жетілдірудің перспективалық бағыттары негізделген.

Түйінді сөздер: радиациялық қауіпсіздік, радиациялық тәуекел, азаматтық қорғау, атом энергетикасы, тәуекелдерді бағалау, радиациялық мониторинг, шешім қабылдауды қолдау.

S. D. Sharipkhanov, A. K. Mukanov, A. I. Dabayev, S. S. Nessipova, A.S. Mussabekova

*Kazakhstan Research and Training Center for Civil Protection and Occupational Safety LLP,
Astana, Kazakhstan*

DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC APPROACHES TO RADIATION RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT IN THE CIVIL PROTECTION SYSTEM OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract. The article presents the results of research aimed at developing scientific approaches to radiation risk assessment and management in the context of the development of nuclear energy in the Republic of Kazakhstan. The concept of integrated radiation risk assessment, the risk classification algorithm, and the potential application of digital technologies to support decision-making within the civil protection system are considered. Prospective directions for improving radiation safety are substantiated, including the development of forecasting, radiation monitoring, personnel training, and scientific and methodological support.

Keywords: radiation safety, radiation risk, civil protection, nuclear energy, risk assessment, radiation monitoring, decision support.

Сведения об авторах / Information about the authors

Шарипханов Сырым Дюсенгазиевич – доктор технических наук, асс. профессор (доцент), «Казахстанский научно-исследовательский, обучающий центр в области гражданской защиты и охраны труда», Астана, Казахстан. E-mail: shsyrym@rambler.ru

Дабеев Айдар Изгиликович – кандидат технических наук, «Казахстанский научно-исследовательский, обучающий центр в области гражданской защиты и охраны труда», Астана, Казахстан. E-mail: aidar59@inbox.ru

Муканов Амангельды Калкеноулы – доктор технических наук, профессор, «Казахстанский научно-исследовательский, обучающий центр в области гражданской защиты и охраны труда», Астана, Казахстан. E-mail: medetme@mail.ru

Несипова Салтанат Саматовна – магистр, «Казахстанский научно-исследовательский, обучающий центр в области гражданской защиты и охраны труда», Астана, Казахстан

Мусабекова Алия Слямжановна – магистр, «Казахстанский научно-исследовательский, обучающий центр в области гражданской защиты и охраны труда», Астана, Казахстан

Syrym D. Sharipkhanov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, LLP «Kazakhstan Research and Training Center for Civil Protection and Occupational Safety», Astana, Kazakhstan. E-mail: shsyrym@rambler.ru

Aidar I. Dabaev – Candidate of Technical Sciences, LLP «Kazakhstan Research and Training Center for Civil Protection and Occupational Safety», Astana, Kazakhstan. E-mail: aidar59@inbox.ru

Amangeldy K. Mukanov – Doctor of Technical Sciences, Professor, LLP «Kazakhstan Research and Training Center for Civil Protection and Occupational Safety», Astana, Kazakhstan

Saltanat S. Nesipova – Master of Technical Sciences, «Kazakhstan Research and Training Center for Civil Protection and Occupational Safety», Astana, Kazakhstan

Aliya S. Musabekova – Master of Science in Chemistry (MSc), «Kazakhstan Research and Training Center for Civil Protection and Occupational Safety», Astana, Kazakhstan

УДК 656.2:004.94

МРНТИ 73.31.21, 73.29.17

А. А. Дурмагамбетов¹, Г. И. Ильяшева², К. Ж. Раимбеков³

¹*Евразийский Национальный Университет им. Л. Н. Гумилёва, Астана, Казахстан*

²*Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан*

³*Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики
Казахстан, Кокшетау, Казахстан*

МЕТОДОЛОГИЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ СХОДАМИ ПОЕЗДОВ, НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОГО КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Аннотация. В статье рассматривается методология предупреждения аварийных ситуаций на железнодорожном транспорте, в частности сходов подвижного состава, на основе внедрения цифровой модели пути (Digital Track Model, DTM). Предложена математическая модель, связывающая погрешности геометрии рельсового пути с ростом эксплуатационных и восстановительных затрат. Показано, что даже незначительное увеличение ошибок кривизны приводит к кратному росту объёмов ремонтных работ и повышению динамических нагрузок на элементы инфраструктуры и подвижной состав. Установлено, что применение DTM с точностью порядка 1 см позволяет снизить расходы на содержание пути до 20–50 %, повысить устойчивость движения и уменьшить вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций. Полученные результаты обосновывают целесообразность использования цифрового контроля геометрии как элемента системы управления рисками и профилактики аварий на железных дорогах.

Ключевые слова: цифровая модель пути, геометрия железнодорожного пути, сход поездов, мониторинг инфраструктуры, управление рисками, предупреждение чрезвычайных ситуаций, кривизна трассы.

Введение

Железнодорожный транспорт относится к объектам повышенной опасности и играет ключевую роль в обеспечении экономической и транспортной безопасности государства. Нарушения геометрии пути, возникающие в процессе длительной эксплуатации, являются одной из основных причин деградации инфраструктуры, ограничения скоростей движения и сходов подвижного состава [1].

Для органов, осуществляющих функции по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, особую значимость приобретает раннее выявление опасных участков и переход от реактивного ремонта к превентивному управлению состоянием пути. Современные мировые тенденции развития железнодорожной отрасли ориентированы на создание цифровых двойников объектов инфраструктуры, обеспечивающих постоянный мониторинг их параметров [2].

Экономика Республики Казахстан в значительной степени опирается на железнодорожные перевозки, определяющие транзитный потенциал страны. В условиях возрастающей конкуренции между международными транспортными коридорами особое значение приобретает повышение надёжности и безопасности перевозочного процесса. Вместе с тем импортные технологии цифровизации

являются дорогостоящими, что требует разработки экономически обоснованных подходов с быстрым сроком окупаемости [3].

Целью настоящей работы является обоснование применения цифровой модели железнодорожного пути (DTM) как инструмента повышения безопасности движения и предупреждения аварийных ситуаций на основе математического анализа влияния погрешностей геометрии на эксплуатационные затраты.

Обоснование необходимости цифрового контроля геометрии

Геометрия пути определяет величину динамических воздействий на рельсы, шпалы, балласт и подвижной состав. Увеличение кривизны вызывает рост боковых сил, ускоренный износ элементов пути и колёсных пар, а также повышение вероятности сходов [4].

Для оптимального управления инфраструктурой необходимо представить все объекты железнодорожной системы в цифровом виде и синхронизировать модель с реальным состоянием. Такая цифровая модель пути позволяет:

- осуществлять непрерывный контроль проектного положения рельсовой колеи;
- выявлять зоны повышенного риска;
- планировать ремонтные воздействия на основе объективных данных;
- снижать количество внеплановых работ;
- повышать устойчивость движения.

Математическая модель экономической эффективности цифровизации

Приведем математическую модель, которая позволяет количественно оценить влияние ошибок геометрии на затраты по содержанию пути.

Введем следующие понятия: A – объём работ по поддержанию пути в нормативном состоянии, A^* – объём работы, выполняемый подвижным составом. Известно, что они находятся в прямой зависимости:

$$A = k_1 * A^*.$$

Стоимость работ пропорциональна их объёму

$$C_A = k_2 * A = k_2 * k_1 * A^*.$$

Рассмотрим структуру работ, производимых составами над железными дорогами, как известно [4], работа подвижного состава представляет собой интеграл сил вдоль траектории:

$$C_A = k_1 * k_2 * A = k_2 * k_1 * \int_0^L F(s)ds, \quad (1)$$

где L – это протяженность пути s .

Полагая, что $k_1 * k_2 = 1$ и используя выражение ускорения

$$a = v^2/R,$$

получаем

$$C_A = \int_0^L F(s)ds = \int_0^L mads = \int_0^L mv^2/Rds, \quad (2)$$

где m – масса состава, v – скорость, R – радиус кривизны пути.

Поскольку масса и скорость не подлежат оперативному управлению, единственным регулируемым параметром остаётся кривизна пути. Поэтому, критерием минимизации затрат на содержание пути будет являться уменьшение кривизны пути. Каким образом уменьшается кривизна пути? Кривизна пути задается проектным положением пути. Возникает вопрос, имеется ли точное проектное положение пути, и с какой точностью и оптимальностью существует данное проектное положение пути. Повторяя в терминах ЦМП, мы приходим к вопросам её точности, оптимальности и стоимости её создания. Очевидно, чем более точную модель мы захотим построить, тем она дороже будет. Рассмотрим вопрос о повышении стоимости ремонтных работ при увеличении кривизны пути.

Далее рассматриваются два варианта:

$$\frac{1}{R} \text{ и } \frac{1}{R_{\epsilon}}.$$

Соответственно стоимости ремонтных работ будут определяться в виде:

$$C_A = \int_0^L mv^2/R ds, \quad (3)$$

$$C_{A_{\epsilon}} = \int_0^L mv^2/R_{\epsilon} ds. \quad (4)$$

Превышение затрат при наличии кривизны будет вычисляться по формуле [2]:

$$\Delta_{\epsilon} = C_{A_{\epsilon}} - C_A, \quad (5)$$

$$\Delta_{\epsilon} = \int_0^L [mv^2/R_{\epsilon} - mv^2/R] ds, \quad (6)$$

что приводит к выражению:

$$\Delta_{\epsilon} = mv^2 \int_0^L \left[\frac{1}{R_{\epsilon}} - \frac{1}{R} \right] ds, \quad (7)$$

$$\Delta_{\epsilon} = mv^2 \int_0^L \frac{R - R_{\epsilon}}{R_{\epsilon} R} ds, \quad (8)$$

$$\Delta_{\epsilon} = mv^2 \int_0^L \frac{R/R_{\epsilon} - 1}{R} ds. \quad (9)$$

Так как относительно железных дорог все средние существенные характеристики определяют попикетно, то и последнее выражение запишем попикетно [5]:

$$\Delta_{\epsilon} = mv^2 \sum_1^N \int_0^{P_i} \frac{R/R_{\epsilon} - 1}{R} ds, \quad (10)$$

где P_i – протяженность i –го пикета, $i = 1 \dots N$.

По теореме Лагранжа [3] внутри пикетов существуют точки θ_i , для которых

$$\Delta_{\epsilon} = \sum_1^N \left(\frac{R(\theta_i)}{R_{\epsilon}(\theta_i)} - 1 \right) mv^2 \int_0^L \frac{1}{R} ds. \quad (11)$$

Примем следующую гипотезу: расстройство дороги в среднем идет одинаково по пикетам,

$$\Delta_{\epsilon} = \left(\frac{R(\theta_i)}{R_{\epsilon}(\theta_i)} - 1 \right) \sum_1^N m v^2 \int_0^L \frac{1}{R} ds \quad (12)$$

и в итоге получим

$$\Delta_{\epsilon} = \left(\frac{R(\theta_i)}{R_{\epsilon}(\theta_i)} - 1 \right) C_A. \quad (13)$$

Таким образом, относительное увеличение кривизны прямо пропорционально росту затрат. Оценим коэффициент пропорциональности

$$k_{\delta} = \left(\frac{R(\theta_i)}{R_{\epsilon}(\theta_i)} - 1 \right)$$

$$\Delta_{\epsilon} = k_{\delta} C_A$$

Из последних формул следует, что при увеличении кривизны на один процент вытекает увеличение стоимости ремонтных работ на один процент. Таким образом, расчеты экономической целесообразности ЦМП зависят от процента кривизны дороги в текущем состоянии и возможности контроля ремонтных работ. Рассмотрим какая погрешность кривизны возникает на отрезке $L=100$ метров [5].

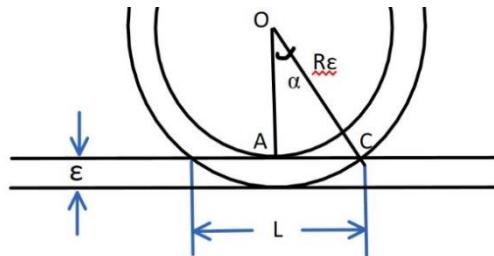


Рисунок 1 - Погрешность кривизны железнодорожного полотна

Согласно рисунку 1, имеем следующие уравнения:

$$R_{\epsilon} - R_{\epsilon} \cos(\alpha) = \epsilon, \quad R_{\epsilon} \sin(\alpha) = L,$$

из которых для участка длиной ($L=100$ м) получено:

$$R_{\epsilon} = \frac{L^2}{(8\epsilon)} + \frac{\epsilon^2}{2}.$$

В последнем выражении в силу малости ϵ можем пренебречь членом $\epsilon^2/2$, тогда получим

$$R_{\epsilon} = \frac{L^2}{(8\epsilon)}.$$

Возьмем в виде стандартной ошибку

$$\epsilon_0 = 0,01 \text{ м},$$

тогда при ошибке

$$\epsilon_1 = 0,02 \text{ м}$$

Получим

$$k_\delta = \left(\frac{R_{\epsilon_0}}{R_{\epsilon_1}(\theta^*)} - 1 \right), \quad (14)$$

$$k_\delta = \left(\frac{L^2}{8\epsilon_0} - \frac{L^2}{8\epsilon_1} - 1 \right), \quad (15)$$

$$k_\delta = \left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon_1} - 1 \right) \quad (16)$$

После выполнения простых расчетов коэффициента пропорциональности следует вывод, что при переходе от ошибки 1 см к 2 см стоимость ремонтных работ увеличивается в два раза, а при ошибке 5 см — в пять раз.

Обсуждение

Полученные результаты показывают, что даже сантиметровые отклонения проектной геометрии приводят к резкому росту эксплуатационных затрат и динамических нагрузок, что напрямую связано с риском возникновения аварийных ситуаций.

Внедрение DTM с точностью порядка 1 см обеспечивает:

- снижение затрат на содержание пути на 20–50 %;
- повышение долговечности инфраструктуры;
- сокращение количества технологических «окон»;
- уменьшение износа подвижного состава примерно на 20 %;
- возможность оптимизации скоростных режимов.

С точки зрения системы предупреждения чрезвычайных ситуаций цифровая модель пути обеспечивает переход к превентивному управлению состоянием инфраструктуры и раннему выявлению опасных зон [6].

Заключение

В результате проведенного исследования показано, что цифровой контроль геометрии железнодорожного пути является эффективным инструментом снижения эксплуатационных затрат и предупреждения сходов подвижного состава. При затратах на создание и сопровождение DTM порядка 1 % от годовых расходов на ремонт достигается многократный экономический и эксплуатационный эффект.

Применение DTM следует рассматривать как важный элемент системы управления рисками на железнодорожном транспорте и как действенную меру профилактики чрезвычайных ситуаций, обеспечивающую повышение безопасности и устойчивости перевозочного процесса.

Список литературы

1. Исследовательский совет департамента коммуникаций международного союза железных дорог / Ред.: Д. Шут, Ж. Вишневыски // Сборник публикаций «Глобальное видение развития железных дорог» - Париж, ноябрь, 2015. – С.7-11. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://uic.org/IMG/pdf/global_vision_for_railway_development.pdf – Сегменты железнодорожного рынка и их будущие тенденции.
2. Галар Д., Карим Р., Кумар Ю. Глобальный железнодорожный обзор. [Электронный ресурс]. - 10 August, 2017 - Режим доступа: <https://www.globalrailwayreview.com/article/61515/big-data-railway-operations-maintenance-2/> - Большие данные в железнодорожной эксплуатации и техническом обслуживании.
3. Голев В.В., Шарипов Г.А., Тимиргали А. Особенности ликвидации пожаров и дорожно-транспортных происшествий на транспорте // Наука и образование в гражданской защите. – 2023. – № 4 (52). – С. 30–36.
4. Джойл Роббин, Дитмар Саламон. Введение в дифференциальную геометрию / англ. издательство «UW Madison», Цюрих, 2021. – 439 с.
5. Уолтер Рудин. Принципы математического анализа / англ.; под ред. У. Тед Мартина, Е.Н. Спанира, Г. Спрингера, П.Д. Дэвиса – издательство «R.R.Donnelley & Sons Company», США, 1976. – 362 с. Интернет-журнал.
6. Kaewunruen S., Lian Q., Chen Y. Digital Twin Technologies for Managing Railway Infrastructure and Enhancing Safety // Sensors. – 2023. – Vol. 23, No. 5. – Article 2458.

References

1. Issledovatel'skij sovet departamenta kommunikacij mezhdunarodnogo soyuza zheleznih dorog / Red.: D. SHut, ZH. Vishnevski // Sbornik publikacij «Global'noe videnie razvitiya zheleznih dorog» - Parizh, noyabr', 2015. – S.7-11. – [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://uic.org/IMG/pdf/global_vision_for_railway_development.pdf – Segmenty zheleznodorozhnogo rynka i ih budushchie tendencii.
2. Galar D., Karim R., Kumar YU. Global'nyj zheleznodorozhnyj obzor. [Elektronnyj resurs] - 10 August, 2017 - Rezhim dostupa: <https://www.globalrailwayreview.com/article/61515/big-data-railway-operations-maintenance-2/> - Bol'shie dannye v zheleznodorozhnoj ekspluatatsii i tekhnicheskome obsluzhivanii.
3. Golev V.V., SHaripov G.A., Timirgali A. Osobennosti likvidatsii pozharov i dorozhno-transportnyh proisshestvij na transporte // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashchite. – 2023. – № 4 (52). – S. 30–36.
4. Dzhojl Robbin, Ditmar Salamon. Vvedenie v differencial'nuyu geometriyu / angl. - izdatel'stvo «UW Madison», Cyurih, 2021. – 439 s.
5. Uolter Rudin. Principy matematicheskogo analiza / angl.; pod red. U. Ted Martina, E.N. Spanira, G. Springera, P.D. Devisa – izdatel'stvo «R.R.Donnelley & Sons Company», SSHA, 1976. – 362 s. Internet-zhurnal.
6. Kaewunruen S., Lian Q., Chen Y. Digital Twin Technologies for Managing Railway Infrastructure and Enhancing Safety // Sensors. – 2023. – Vol. 23, No. 5. – Article 2458.

А. А. Дұрмағамбетов¹, Г. И. Ильяшева², К. Ж. Раимбеков³

¹*Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан*

²*Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан*

³*Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы, Көкшетау, Қазақстан*

ТЕМІРЖОЛ ЖОЛЫНЫҢ ГЕОМЕТРИЯСЫН ЦИФРЛЫҚ БАҚЫЛАУ НЕГІЗІНДЕ ПОЙЫЗДАРДЫҢ РЕЛЬСТЕН ШЫҒУЫНАН ТУЫНДАЙТЫН ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ АЛДЫН АЛУ ӘДІСНАМАСЫ

Аңдатпа. Мақалада теміржол көлігіндегі авариялық жағдайлардың, атап айтқанда жылжымалы құрамның рельстен шығуының алдын алу әдістемесі теміржол жолының цифрлық моделін (Digital Track Model, DTM) енгізу негізінде қарастырылады. Рельстік жол геометриясындағы қателіктер мен пайдалану және қалпына келтіру шығындарының өсуі арасындағы байланысты сипаттайтын математикалық модель ұсынылған. Қисықтық қателіктерінің тіпті аз ғана артуы жөндеу жұмыстары көлемінің бірнеше есе өсуіне және инфрақұрылым элементтері мен жылжымалы құрамға түсетін динамикалық жүктемелердің артуына әкелетіні көрсетілген. Дәлдігі шамамен 1 см болатын DTM қолдану жолды ұстауға кететін шығындарды 20–50 % дейін азайтуға, қозғалыс тұрақтылығын арттыруға және төтенше жағдайлардың туындау ықтималдығын төмендетуге мүмкіндік беретіні анықталған. Алынған нәтижелер теміржол көлігінде тәуекелдерді басқару және авариялардың алдын алу жүйесінің элементі ретінде жол геометриясын цифрлық бақылауды қолданудың мақсатқа сай екенін негіздейді.

Түйінді сөздер: жолдың цифрлық моделі, теміржол жолының геометриясы, пойыздардың рельстен шығуы, инфрақұрылымды мониторингтеу, тәуекелдерді басқару, төтенше жағдайлардың алдын алу, трасса қисықтығы.

A. A. Durmagambetov¹, G. I. Ilyasheva², K. ZH. Raimbekov³

¹*L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

²*Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan*

³*Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan*

METHODOLOGY FOR THE PREVENTION OF EMERGENCIES CAUSED BY TRAIN DERAILMENTS BASED ON DIGITAL MONITORING OF RAILWAY TRACK GEOMETRY

Abstract. The article examines a methodology for preventing emergency situations in railway transport, in particular derailments of rolling stock, based on the implementation of a Digital Track Model (DTM). A mathematical model is proposed that relates errors in track geometry to the growth of operational and recovery costs. It is shown that even a slight increase in curvature errors leads to a multiple increase in the volume of maintenance work and to higher dynamic loads on infrastructure components and rolling stock. It is established that the use of a DTM with an accuracy of about 1 cm makes it possible to reduce track maintenance costs by 20–50 %, improve traffic stability, and decrease the probability of emergency situations. The obtained results substantiate the feasibility of using digital control of track geometry as an element of risk management and accident prevention systems in railways.

Keywords: digital track model, railway track geometry, train derailments, infrastructure monitoring, risk management, emergency prevention, track curvature.

Сведения об авторах / Infjrmation about the authors

Дурмагамбетов Асет Асхатбекович – кандидат физико-математических наук, преподаватель Евразийского Национального Университета им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан. E-mail: asset.durmagambet@gmail.com

Ильяшева Гулжамал Ирановна – кандидат физико-математических наук, сеньор-лектор НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», Кокшетау, Казахстан. E-mail: gulzhamal.ilyasheva@gmail.com

Раимбеков Кендебай Жанабилевич – кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор (доцент), доцент кафедры общетехнических дисциплин, информационных систем и технологий Академии гражданской защиты им. Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: kendebai_63@mail.ru

Aset A. Durmagambetov – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Lecturer at the L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan. E-mail: asset.durmagambet@gmail.com

Gulzhamal I. Ilyasheva – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Lecturer at the Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: gulzhamal.ilyasheva@gmail.com

Kendebai Zh. Raimbekov – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines, Information Systems and Technologies at the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: kendebai_63@mail.ru

УДК 351.88
МРНТИ 78.25.45

М. С. Куанышбаев¹, С. Б. Арифджанов², А. К. Закиров¹

¹*Национальный университет обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан*

²*Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан,
Астана, Казахстан*

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ ОПЕРАТИВНО-ДЕЖУРНОЙ СМЕНЫ КОМАНДНОГО ЦЕНТРА МИНИСТЕРСТВА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Аннотация. В статье рассматривается разработка структурной модели оперативно-дежурной смены Командного центра Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан как элемента системы управления в условиях чрезвычайных ситуаций. Обоснована необходимость применения системного подхода и методов структурного моделирования для анализа и оптимизации организационной структуры органа управления. Представленная модель отражает взаимосвязь элементов системы, информационных потоков и процессов принятия решений в условиях мирного и военного времени. Особое внимание уделено учету факторов неопределенности, ограниченности времени и комплексного характера угроз. Разработанная модель обеспечивает переход от концептуального описания к функциональному анализу и может служить основой для дальнейшего математического моделирования, оценки эффективности и совершенствования системы управления.

Ключевые слова: структурная модель, системный анализ, принятие решения, информационный поток, моделирование, военное время, гражданская оборона, организационная структура, прогнозирование, устойчивость системы.

Построение рациональной организационной структуры органа управления относится к категории сложных и слабоформализуемых задач, характеризующихся множественностью факторов, динамичностью и высокой степенью неопределенности [1-4].

В условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС) данные особенности усиливаются интенсивностью информационных потоков и ограниченностью времени на принятие решений.

В военный период дополнительно возрастает ответственность принимаемых решений, а также необходимость учета оперативно-тактической обстановки и возможных сценариев развития ситуации [5].

Для решения такой научной задачи применение традиционных методов анализа оказывается недостаточным, что обуславливает использование системного подхода, позволяющего рассматривать объект управления как совокупность взаимосвязанных элементов [2, 3].

Система определяется как целостное образование, свойства которого формируются не только составом элементов, но и характером их взаимодействия [2].

В рамках системного анализа ключевое значение имеет структурное моделирование, обеспечивающее формализацию состава системы и связей между ее элементами. Данный метод позволяет представить орган управления как

совокупность подразделений, информационных потоков и управленческих воздействий [3, 6].

Применение структурного подхода обосновано рядом факторов. Во-первых, он обеспечивает декомпозицию системы на элементы, что позволяет детализировать процессы управления. Во-вторых, создает условия для анализа информационных потоков, что критически важно при управлении в условиях ЧС. В-третьих, позволяет выявлять узкие места, оценивать устойчивость системы и формировать основу для дальнейшего математического моделирования [7].

Процесс моделирования включает последовательное формирование концептуальной, структурной и функциональной моделей. Концептуальный уровень определяет цели и принципы функционирования системы, структурный – состав элементов и связи между ними, функциональный – процессы и операции, реализуемые системой. Таким образом, структурная модель выступает связующим звеном между абстрактным описанием и практической реализацией процессов управления [5, 8].

В системе управления ЧС основными источниками информации являются данные мониторинга, разведки и сведения о силах и средствах. В условиях военного времени информационная база расширяется за счет данных о противнике, характере угроз и динамике обстановки. Обработка информации осуществляется по классической схеме: сбор, анализ, прогнозирование и выработка решений [9]. Разработанная структурная модель представлена на рисунке 1.

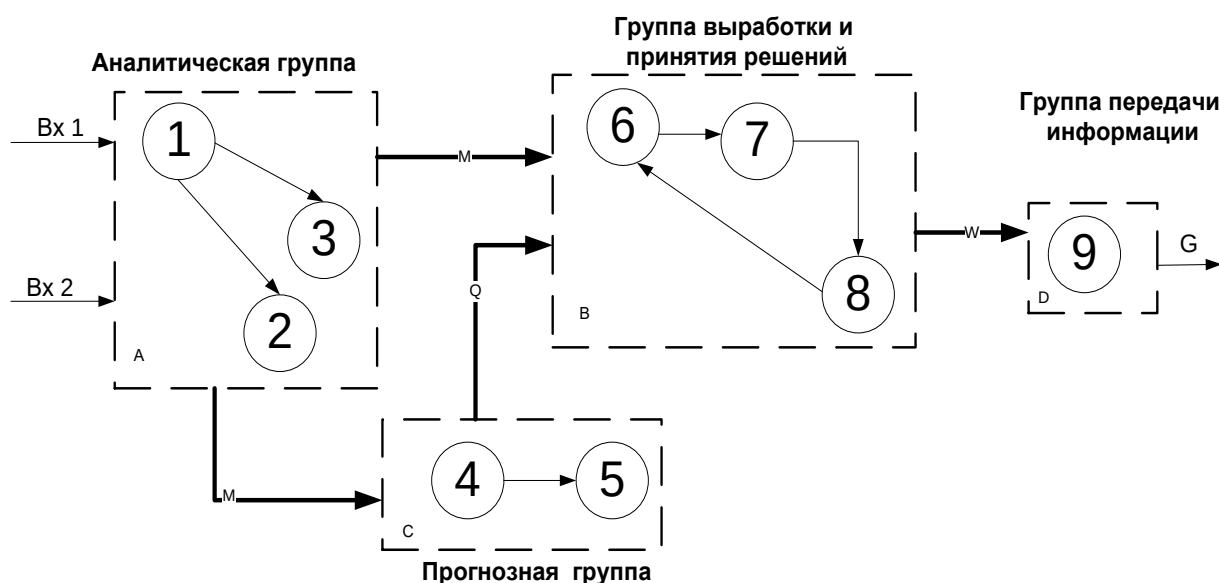


Рисунок 1 – Структурная модель оперативно-дежурной смены

где: 1 - анализ ситуации, 2 - определение возможного возникновения вторичных ЧС, 3 - оценка обстановки, 4 - прогноз, 5 - оценка прогноза, 6 - выработка предложений, 7 - оценка последствий предложенных решений; 8 - анализ ситуации с учетом предложений и принятие решений, 9 - формирование принятого решения

Элементы модели и результаты их работы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Элементы структурной модели оперативно дежурной смены

Наименование элемента		Результаты работы элемента	
<i>A</i>	Подразделения по сбору и обработке данных с постов постоянного мониторинга и первичной обработки полученной информации	<i>M</i>	Определение и оценка текущего состояния зоны ЧС
<i>B</i>	Подразделения в функции, которых входят: задачи по выработке и постановке цели (направления основных усилий), определение первоочередных мероприятий на основе получаемой информации, выбор и обоснование критериев эффективности (результативности) и возможных последствий принимаемого решения, обсуждение со специалистами различных вариантов решения проблемы (задачи), выработка альтернатив (предложений) выбор и формулирование оптимального решения, принятие решения, конкретизацию решения для его исполнителей	<i>W</i>	Управленческое решение
<i>C</i>	Подразделения в функции, которых входит: представление прогнозной информации о возможном развитии обстановки	<i>Q</i>	Модель возможного развития обстановки с использованием расчетных методов
<i>D</i>	Подразделения в функции, которых входит: формирование управленческого решения в виде приказа (решения), его доведение до исполнителей	<i>G</i>	Документ

В ходе несения дежурства элементом (*A*) осуществляется прием и первичная обработка данных мониторинга и разведки о состоянии зоны ЧС, а также привлекаемых сил и средств, где (*Bx1*) – источники информации данных мониторинга и разведки, (*Bx2*) – информация о состоянии сил и средств, и обстановки в зоне ЧС на текущий момент, результат работы (*M*) – множество данных мониторинга и разведки, и оценок обстановки.

Используя обработанные данные мониторинга состояния зоны ЧС, а также информацию о состоянии сил и средств ликвидации ЧС – (*M*), с использованием расчетных методов в элементе (*C*) осуществляется моделирование возможного развития обстановки.

На основе полученных результатов элемент (*C*) прогнозирует состояние обстановки в зоне ЧС, состояние сил и средств ликвидации ЧС, предварительно определив горизонт прогноза, где (*Q*) – модель возможного развития обстановки с использованием расчетных методов на горизонт прогноза.

На основе данных прогноза, привлекаемых сил и средств ликвидации ЧС на установленный горизонт прогноза, в элементе (*B*) определяются:

- направления основных усилий первоочередных мероприятий;
- возможные последствия принимаемых решений;

предложения и альтернативы решения задач (с привлечением экспертов формирует);

осуществляет выбор и формулирование оптимального решения на ликвидацию ЧС, где (W) – решение ЛПР содержащее комплекс мероприятий, направленных на предупреждение и/или ликвидацию последствий ЧС.

После определения комплекса мероприятий в элементе (D) осуществляется формирование руководящего документа – «Приказа» на выполнение задач по предназначению.

Одним из главных требований, которому должно отвечать сформированное решение – это возможность предупреждения ЧС, в случае невозможности принятия превентивных мер ликвидация последствий в наиболее короткие сроки, где (G) – Документ (*Приказ, Решение*).

Центральным элементом системы является лицо, принимающее решение, эффективность деятельности которого напрямую зависит от качества информационного обеспечения и структуры системы управления [10, 11].

Разработанная структурная модель отражает последовательность управленческих процессов и взаимодействие элементов системы [12].

В её рамках выделены основные функциональные блоки: сбор и обработка информации, моделирование и прогнозирование, выработка решений и их реализация.

Модель предусматривает:

получение и первичную обработку информации о состоянии зоны ЧС;

моделирование возможного развития обстановки;

формирование управленческих решений на основе анализа и прогноза;

доведение решений до исполнителей в виде управленческих документов.

Особое внимание уделено учету условий военного времени, включая повышенную неопределенность, дефицит времени и комплексный характер угроз, сочетающих техногенные и военные факторы [13].

Разработанная структурная модель представляет собой целостную систему взаимосвязанных элементов, обеспечивающих последовательное выполнение управленческих функций и является логически завершенным результатом исследования [3, 6].

Вывод. Таким образом, предложенная модель обеспечивает комплексное представление процессов управления в мирное и военное время, отражает взаимосвязь всех элементов системы и может использоваться в качестве базовой основы для дальнейших исследований.

Модель обладает универсальностью и адаптивностью, что позволяет применять ее для анализа эффективности, устойчивости и надежности системы управления, а также для совершенствования организационной структуры и процессов принятия решений в системе МЧС.

Научная статья опубликована в рамках выполнения научно-исследовательской работы по грантовому финансированию Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2025-2027 годы ИРН AP26104053 «Разработка системы информационного взаимодействия и алгоритма координации между МЧС и силовыми органами для защиты населения в условиях современных военных конфликтов».

Список литературы

1. Акофф Р.Л. Основы исследования операций. – М.: Мир, 1974. – С. 15-48.
2. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем. – М.: Прогресс, 1969. – С. 23-67.
3. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ. – М.: Юрайт, 2020. – С. 45-112.
4. Чернышев В.М. Системный анализ и управление. – СПб.: Питер, 2018. – С. 34-96.
5. Управление в чрезвычайных ситуациях / под ред. В.А. Пучкова. – М.: Академия ГПС МЧС, 2016. – С. 102-189.
6. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – С.25-88.
7. Клейнер Г.Б. Системная парадигма и экономические исследования. – М.: Наука, 2008. – С. 78-134.
8. Республика Казахстан. Закон РК. О гражданской защите: принят 11 апреля 2014 года № 188-V.
9. Форрестер Дж. Основы системной динамики. – М.: Прогресс, 1971. – С. 40-110.
10. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – С. 55-101.
11. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2000. – С. 60-120.
12. ISO 22320:2018 Emergency management – Guidelines for incident management.
13. Жагупаров Ж.Е., Калиев А.З., Куанышбаев М.С., Каирбеков К.К., Агажаева Л.О. Төтенше жағдайлар жағдайында ұйымдардың жұмыс істеу орнықтылығын арттыру іс-шараларының тиімділігін бағалау мәселесіне байланысты // Наука и образование в гражданской защите. – Кокшетау, 2026. – № 1(61). – С. 25-38.

References

1. Akoff R.L. Osnovy issledovaniya operacij. – M.: Mir, 1974. – S. 15-48.
2. Bertalanfi L. fon. Obshhaja teorija sistem. – M.: Progress, 1969. – S. 23-67.
3. Volkova V.N., Denisov A.A. Teorija sistem i sistemnyj analiz. – M.: Jurajt, 2020. – S. 45-112.
4. Chernyshev V.M. Sistemnyj analiz i upravlenie. – SPb.: Piter, 2018. – S. 34-96.
5. Upravlenie v chrezvychajnyh situacijah / pod red. V.A. Puchkova. – M.: Akademija GPS MChS, 2016. – S. 102-189.
6. Moiseev N.N. Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza. – M.: Nauka, 1981. – S.25-88.
7. Klejner G.B. Sistemnaja paradigma i jekonomicheskie issledovaniya. – M.: Nauka, 2008. – S. 78-134.
8. Respublika Kazahstan. Zakon RK. O grazhdanskoj zashhite: prinjat 11 aprelja 2014 goda № 188-V.
9. Forrester Dzh. Osnovy sistemnoj dinamiki. – M.: Progress, 1971. – S. 40-110.
10. Saati T. Prinjatie reshenij. Metod analiza ierarhij. – M.: Radio i svjaz', 1993. – S. 55-101.
11. Larichev O. I. Teorija i metody prinjatija reshenij. – M.: Logos, 2000. – S. 60-120.
12. ISO 22320:2018 Emergency management – Guidelines for incident management.
13. Zhaguparov Zh.E., Kaliev A.Z., Kuanyshbayev M.S., Kairbekov K.K., Agazhaeva L.O. K voprosu otsenki effektivnosti meropriyatij po povysheniyu ustoychivosti funktsionirovaniya organizatsiy v usloviyakh chrezvychajnykh situatsiy // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashchite. – Kokshetau, 2026. – No. 1(61). – S. 25-38.

М. С. Қуанышбаев¹, С. Б. Арифджанов², А. К. Зәкіров¹

¹ *Қазақстан Республикасының Ұлттық қорғаныс университеті, Астана, Қазақстан*

² *Қазақстан Республикасының Төтенше жағдайлар министрлігі, Астана, Қазақстан*

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАР МИНИСТРЛІГІ КОМАНДАЛЫҚ ОРТАЛЫҒЫНЫҢ ЖЕДЕЛ-КЕЗЕКШІ АУЫСЫМЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ МОДЕЛІН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Мақалада Төтенше жағдайлар кезіндегі басқару жүйесінің элементі ретінде Қазақстан Республикасы ТЖМ Командалық орталығының жедел-кезекші ауысымының құрылымдық моделін әзірлеу қарастырылады. Басқару органының ұйымдық құрылымын талдау және оңтайландыру үшін жүйелік тәсіл мен құрылымдық модельдеу әдістерін қолдану қажеттілігі негізделген. Ұсынылған модель бейбіт және соғыс уақытындағы жүйе элементтерінің, ақпараттық ағындардың және шешім қабылдау процестерінің өзара байланысын көрсетеді. Белгісіздік факторларын, шектеулі уақытты және қауіптердің кешенді сипатын ескеруге ерекше назар аударылады. Әзірленген модель тұжырымдамалық сипаттамадан функционалдық талдауға көшуді қамтамасыз етеді және одан әрі математикалық модельдеу, тиімділікті бағалау және басқару жүйесін жетілдіру үшін негіз бола алады.

Түйінді сөздер: құрылымдық модель, жүйелік талдау, шешім қабылдау, ақпараттық ағындар, модельдеу, соғыс уақыты, азаматтық қорғаныс, Ұйымдық құрылым, болжау, жүйенің тұрақтылығы.

M. S. Kuanyshbaev¹, S. B. Arifdzhanov², A. K. Zakirov¹

¹ *National Defense University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Republic of Kazakhstan*

² *Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Astana, Republic of Kazakhstan*

DEVELOPMENT OF A STRUCTURAL MODEL OF THE OPERATIONAL DUTY SHIFT OF THE COMMAND CENTER OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract. The article considers the development of a structural model of the operational shift of the Command Center of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan as an element of the management system in emergency situations. The necessity of applying a systematic approach and structural modeling methods to analyze and optimize the organizational structure of a management body is substantiated. The presented model reflects the interrelation of system elements, information flows and decision-making processes in peacetime and wartime conditions. Special attention is paid to taking into account the factors of uncertainty, time constraints and the complex nature of threats. The developed model provides a transition from a conceptual description to a functional analysis and can serve as a basis for further mathematical modeling, evaluation of the effectiveness and improvement of the management system.

Keywords: Structural model, system analysis, decision-making, information flows, modeling, wartime, civil defense, organizational structure, forecasting, system stability.

Сведения об авторах / Information about the authors

Куанышбаев Мурат Сапаргалиевич – доктор философии (PhD) (по безопасности жизнедеятельности), ассоциированный профессор (доцент), профессор кафедры гражданской защиты Национального университета обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан. E-mail: muratkuanysbayev@gmail.com

Арифджанов Султан Бахтиярович – доктор философии (PhD) (по безопасности жизнедеятельности), начальник управления Комитета по гражданской обороне и воинских частей Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан, Астана, Казахстан. E-mail: arifdjanov.s@emer.kz

Закиров Асхат Калышбаевич – магистр национальной безопасности и военного дела, старший преподаватель кафедры гражданской защиты Национального университета обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан. E-mail: zakirov.a@emer.kz

Murat S. Kuanyshbayev – Doctor of Philosophy (PhD) (on Life Safety), associate Professor (docent), head of the Department of Civil Protection of the National Defense University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan. E-mail: muratkuanysbayev@gmail.com

Sultan B. Arifdjanov – Doctor of Philosophy (PhD) (on Life Safety), Head of the Department of the Committee for Civil Defense and Military Units of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan. E-mail: arifdjanov.s@emer.kz

Askhat K. Zakirov – Master's Degree in National Security and Military Affairs, Senior Lecturer at the Department of Civil Protection of the National Defense University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan. E-mail: zakirov.a@emer.kz

УДК 004, 614.8
МРНТИ 81.93.21, 27.47.19

А. Б. Кусаинов, К. Ж. Раимбеков, М. М. Альменбаев, Д. Ж. Солтанбек

*Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики
Казахстан, Кокшетау, Казахстан*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГУМАНИТАРНОЙ ПОМОЩИ ПРИ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Аннотация. В данной статье рассматривается вопрос создания координационного центра на базе Центра по чрезвычайным ситуациям и снижению риска стихийных бедствий для оказания международной гуманитарной помощи пострадавшим странам при возникновении трансграничных чрезвычайных ситуациях в Центральной Азии. Предложена математическая модель рационального распределения гуманитарной помощи пострадавшему населению при трансграничных чрезвычайных ситуациях с учетом потребности.

Ключевые слова: международная гуманитарная помощь, трансграничная чрезвычайная ситуация.

В регионе Центральной Азии проживает более 75 миллионов человек. Географическое расположение Центральной Азии (ЦА) определяется резко континентальным климатом с малым количеством неравномерно распределенных осадков. В тоже время Центрально-Азиатский регион подвержен практически всем известным стихийным бедствиям и техногенным авариям (за малым исключением, таких как цунами, торнадо, извержения вулканов и некоторых других), многие из которых могут привести к трансграничным чрезвычайным ситуациям. Примером тому может послужить прорыв дамбы Сардобинского водохранилища в Республике Узбекистан в 2020 г., приведшего к затоплению обширных трансграничных территории республик Узбекистан и Казахстан [1].

При возникновении крупномасштабных и трансграничных чрезвычайных ситуаций необходимо оперативно оказывать всю стороннюю гуманитарную помощь, в том числе международную, пострадавшему населению в зоне бедствия.

Для оказания международной гуманитарной помощи странам ЦА необходимо создать соответствующий координационный центр на примере Координационного центра АСЕАН по гуманитарной помощи при управлении стихийными бедствиями (Центр АНА) и Координационного центра реагирования на чрезвычайные ситуации (ERCC) в рамках Механизма гражданской защиты ЕС, которые приняли на себя функции координации деятельности и задачи ключевых субъектов региона по реагированию на трансграничные чрезвычайные ситуации и оказания международной помощи пострадавшим странам. Данный координационный центр может быть создан на базе существующего Центра по чрезвычайным ситуациям и снижению риска стихийных бедствий (ЦЧССРБ) [2].

При возникновении трансграничных чрезвычайных ситуаций лицу, принимающему решение об оказании международной гуманитарной помощи, необходимо в кратчайшие сроки принять управленческое решение по распределению и доставке помощи в пострадавшие населенные пункты стран ЦА с минимальными

затратами. В этой связи предлагается с помощью метода математического программирования разработать математическую модель рационального распределения и доставки гуманитарной помощи при трансграничных чрезвычайных ситуациях из международного координационного центра [3].

При распределении международной гуманитарной помощи пострадавшим государствам, целевой функцией является минимизация затрат [3]:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n K_i x_i \quad (1)$$

где K_i – приведенные затраты, учитывающие транспортные, временные и приоритетные характеристики;

x_i – объем гуманитарной помощи, направляемой в i – страну;

$i=1, \dots, n$ – зоны чрезвычайных ситуаций.

Приведенные затраты определяются по формуле:

$$K_i = ad_i + bt_i - cr_i \quad (2)$$

где d_i – расстояние доставки, км;

t_i – время доставки, ч;

r_i – приоритет i зоны чрезвычайной ситуации;

a, b, c – весовые коэффициенты.

Одной из основных сложностей при применении формулы (2) является выбор весовых коэффициентов a, b, c . Для исключения субъективности в данном исследовании применен метод анализа иерархий (МАИ) [4].

Из опыта оперативного реагирования при оказании гуманитарной помощи была сформирована матрица попарных сравнений критериев по 9-балльной шкале Саати [5]. В качестве приоритетов были выбраны: минимизация времени и максимальное соответствие степени угрозы (приоритетности региона).

Таблица 1 – Матрица попарных сравнений критериев

Критерий	Расстояние (a)	Время (b)	Приоритет (c)	Локальный вес (w)
Расстояние (a)	1	1/3	1/9	0,07
Время (b)	3	1	1/5	0,18
Приоритет (c)	9	5	1	0,75

Расчет индекса согласованности показал значение 0,026, что значительно меньше допустимого порога 0,1. Это подтверждает высокую логическую достоверность попарных сравнений.

Практическая апробация модели.

Рассмотрим сценарий распределения 180 тонн груза при общей потребности в 240 тонн. Для корректного учета весов МАИ применим нормированную формулу коэффициента K_i :

$$K_i = 0,07 \left(\frac{d_i}{d_{max}} \right) + 0,18 \left(\frac{t_i}{t_{max}} \right) - 0,75 \left(\frac{r_i}{r_{max}} \right) \quad (3)$$

Таблица 2 - Исходные данные для моделирования

Государство	d_i , км	t_i , ч	r_i	Потребность, тн
Казахстан	100	3	0,85	80
Кыргызстан	250	6	0,75	70
Узбекистан	450	10	0,95	90

По формуле 3 рассчитаем коэффициент K_i для пострадавших стран:

1) Казахстан:

$$K_1 = 0,07 \left(\frac{100}{450} \right) + 0,18 \left(\frac{3}{10} \right) - 0,75 \left(\frac{0,85}{0,95} \right) = -0,601$$

2) Кыргызстан:

$$K_2 = 0,07 \left(\frac{250}{450} \right) + 0,18 \left(\frac{6}{10} \right) - 0,75 \left(\frac{0,75}{0,95} \right) = -0,445$$

3) Узбекистан:

$$K_3 = 0,07 \left(\frac{450}{450} \right) + 0,18 \left(\frac{10}{10} \right) - 0,75 \left(\frac{0,95}{0,95} \right) = -0,500$$

Отрицательные значения K_i указывают на высокую эффективность направления ресурсов в данную точку.

Постановка задачи линейного программирования.

Мы минимизируем суммарные приведенные затраты на распределение помощи. Используя коэффициенты K_i , полученные методом МАИ, получим следующую целевую функцию:

$$\min Z = -0,601 \cdot x_1 - 0,445 \cdot x_2 - 0,500 \cdot x_3 \quad (4)$$

где x_1 - объем помощи для Казахстана; x_2 - для Кыргызстана; x_3 - для Узбекистана.

При следующих ограничениях:

$$x_1 + x_2 + x_3 \leq 180; x_1 \leq 80, x_2 \leq 70, x_3 \leq 90; 0 \leq x_i \leq 30; (i = 1, 2, 3) \quad (5)$$

Математическая модель распределения ресурсов представлена как задача линейного программирования с целевой функцией (4) и системой ограничений (5).

По результатам моделирования получим следующее распределение международной гуманитарной помощи координационным центром:

$x_1 = 80$ тн. (100 % потребности);

$x_2 = 30$ тн. (43 % потребности — минимальный стандарт);

$x_3 = 70$ тн. (77 % потребности).

Решение данной системы позволило найти оптимальный вектор распределения гуманитарной помощи $X = \{80, 30, 70\}$. При данном плане целевая функция достигает своего минимума, обеспечивая максимальную гуманитарную эффективность при соблюдении минимальных стандартов безопасности для всех участников [6].

Заключение. Применение метода анализа иерархий позволило формализовать процесс принятия решений и доказать, что в условиях дефицита ресурсов приоритет должен отдаваться не только территориально близким зонам, но и регионам с наихудшими последствиями. Таким образом, математическая модель обоснованно

перераспределяет ресурсы в пользу регионов с критической ситуацией, даже если логистические затраты (время и расстояние) на этих маршрутах выше.

Предложенная модель может быть интегрирована в программное обеспечение региональных координационных центров для автоматизации логистических расчетов при трансграничных чрезвычайных ситуациях [7].

Список литературы

1. Концепция комплексного подхода по управлению рисками трансграничных бедствий с учетом климатических изменений. [Электронный ресурс] // URL: https://cesdrr.org/uploads/docs/2024/02/Концепция_комплексного%20управления_РБ.pdf (дата обращения: 04.02.2026).
2. Центр по чрезвычайным ситуациям и снижению риска стихийных бедствий [Электронный ресурс] // URL: <https://cesdrr.org/> (дата обращения: 10.02.2026).
3. Юдин, Д.Б. Линейное программирование. Теория, методы и приложения / Д.Б. Юдин, Е.Г. Гольштейн. – М.: Красанд, 2012. – 428 с.
4. Саати Т.Л. Метод анализа иерархий. – Нью-Йорк: Макгроу-Хилл, 1980.
5. Малышева А.К., Абдуллаева А.М. Выбор оптимального программного продукта для календарного планирования стратегии развития компании // Вестник кибернетики. – 2024. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-optimalnogo-programmnogo-produkta-dlya-kalendarnogoplanirovaniya-strategii-razvitiya-kompanii> (дата обращения: 05.04.2026).
6. Решение задач линейного программирования в Microsoft Excel: методические указания. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023.
7. Кусаинов А.Б. Практические аспекты принятия управленческих решений в гражданской защите математическим методом: учебное пособие. – Кокшетау: Академия гражданской защиты им. М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, 2025. – 112 с.

References

1. Konceptsiya kompleksnogo podhoda po upravleniyu riskami transgranichnyh bedstvij s uchetom klimaticheskikh izmenenij. [Elektronnyj resurs] // URL: https://cesdrr.org/uploads/docs/2024/02/Konceptsiya_kompleksnogo%20upravleniya_RB.pdf (data obrashcheniya: 04.02.2026).
2. Centr po chrezvychajnym situacijam i snizheniyu riska stihijnyh bedstvij [Elektronnyj resurs] // URL: <https://cesdrr.org/> (data obrashcheniya: 10.02.2026).
3. Yudin, D.B. Linejnoe programmirovanie. Teoriya, metody i prilozheniya / D.B. Yudin, E.G. Gol'shtejn. - M.: Krasand, 2012. - 428 s.
4. Saati T.L. Metod analiza ierarhij. - N'yu-Jork: Makgrou-Hill, 1980.
5. Malysheva A.K., Abdullaeva A.M. Vybora optimal'nogo programmnogo produkta dlya kalendarnogo planirovaniya strategii razvitiya kompanii // Vestnik kibernetiki. – 2024. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-optimalnogo-programmnogo-produkta-dlya-kalendarnogoplanirovaniya-strategii-razvitiya-kompanii> (data obrashcheniya: 05.04.2026).
6. Reshenie zadach linejnogo programmirovaniya v Microsoft Excel: Metodicheskie ukazaniya. – M.: MGTU im. N. E. Bauman, 2023.
7. Kussainov A.B. Prakticheskie aspekty prinyatiya upravlencheskih reshenij v grazhdanskoj zashchite matematicheskim metodom: Uchebnoe posobie. – Kokshetau: Akademiya grazhdanskoj zashchity im. M. Gabdullina MChS Respubliki Kazahstan, 2025. – 112 s.

А. Б. Құсайынов, К. Ж. Раимбеков, М. М. Әлменбаев, Д. Ж. Солтанбек

*Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы,
Көкшетау, Қазақстан*

ТРАНСШЕКАРАЛЫҚ ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАР КЕЗІНДЕ ГУМАНИТАРЛЫҚ КӨМЕКТІ БӨЛҮДІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

Андатпа. Бұл мақалада Орталық Азиядағы трансшекаралық төтенше жағдайлар туындаған кезде зардап шеккен елдерге халықаралық гуманитарлық көмекті көрсету үшін Төтенше жағдайлар және табиғи апаттар тәуекелін азайту орталығы базасында үйлестіру орталығын құру мәселесі қарастырылады. Трансшекаралық төтенше жағдайлар кезінде зардап шеккен халыққа гуманитарлық көмекті қажеттілікті ескере отырып ұтымды бөлуге арналған математикалық модель ұсынылған.

Түйінді сөздер: халықаралық гуманитарлық көмек, трансшекаралық төтенше жағдай.

A. B. Kussainov, K. Zh. Raimbekov, M. M. Almenbaev, D. Zh. Soltanbek

*Civil Defence Academy named after Malik Gabdullin MES of the Republik of Kazakhstan,
Kokshetau, Kazakhstan*

MATHEMATICAL MODEL FOR THE DISTRIBUTION OF HUMANITARIAN AID IN TRANSBOUNDARY EMERGENCY SITUATIONS

Abstract. This article examines the establishment of a coordination center based on the Center for Emergency Situations and Disaster Risk Reduction to provide international humanitarian assistance to affected countries in the event of transboundary emergencies in Central Asia. A mathematical model is proposed for the rational distribution of humanitarian aid to affected populations during transboundary emergency situations, taking into account their needs.

Keywords: international humanitarian assistance, transboundary emergency situation.

Сведения об авторах / Information about the authors

Қусаинов Арман Булатович – кандидат технических наук, ассоциированный профессор (доцент), начальник факультета дистанционного обучения Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: arman_1703@mail.ru

Раимбеков Кендебай Жанабилевич – кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор (доцент), доцент кафедры общетехнических дисциплин, информационных систем и технологий Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: kendeбай_63@mail.ru

Альменбаев Миржан Маратович – кандидат технических наук, ассоциированный профессор (доцент), заместитель начальника Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан по научной работе, Кокшетау, Казахстан. E-mail: make_kz1986@mail.ru

Солтанбек Диас Жұмабекұлы – преподаватель-методист факультета дистанционного обучения Академии гражданской защиты им. Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: Diassultanbekov@mail.ru

Arman B. Kussainov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Faculty of Distance Learning of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan. Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: arman_1703@mail.ru

Kendebai Zh. Raimbekov – candidate of physico-mathematical sciences, Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines, Information Systems and Technologies of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: kendebai_63@mail.ru

Mirzhan M. Almenbayev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (docent), Deputy Head of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan for scientific work, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: make_kz1986@mail.ru

Dias Zh. Soltanbek – teacher-methodologist of the Faculty of Distance Learning of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan. Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: Diassultanbekov@mail.ru

УДК 629.735.083
МРНТИ 53.91.35

Д. Д. Касенов¹, А. М. Қалкабек², К. С. Кажыбаев², С. Ж. Куртаев³

¹ *Национальный университет обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан*

² *ТОО «R&D центр «Казахстан инжиниринг», Астана, Казахстан*

³ *ВС РК, Астана, Казахстан*

СПОСОБ ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ, ТЕПЛОВЫХ И ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ КОНСТРУКЦИЙ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. В статье представлены результаты разработки способа проведения комплексных аэродинамических, тепловых и тепломеханических испытаний конструкций и составных частей беспилотных авиационных систем для повышения надежности и безопасности их эксплуатации. Актуальность исследования обусловлена широким применением беспилотных авиационных систем в военной, гражданской авиации и системе гражданской защиты, включая мониторинг паводков, лесных и степных пожаров, оценку последствий природных и техногенных катастроф, а также проведение поисково-спасательных операций. В отличие от традиционного подхода, предусматривающего последовательное использование нескольких специализированных установок, предложенный способ обеспечивает воспроизведение воздушного потока, температурного воздействия и механических нагрузок в рамках единого автоматизированного экспериментального цикла. Способ включает подготовку объекта испытаний, его установку в рабочей части универсального лабораторного экспериментального стенда, задание параметров испытаний, синхронизированное управление режимами воздействия, регистрацию измеряемых параметров и последующую обработку экспериментальных данных. Показано, что применение разработанного способа позволяет повысить достоверность и воспроизводимость результатов, сократить продолжительность испытаний и обеспечить комплексную оценку прочностных, тепловых и аэродинамических характеристик исследуемых конструкций. Практическая значимость разработки заключается в возможности ее использования при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, верификации расчетных моделей и совершенствовании беспилотных авиационных систем, применяемых в интересах обороны, гражданской защиты и предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы, безопасность эксплуатации, надежность конструкций, гражданская защита, мониторинг чрезвычайных ситуаций, способ проведения испытаний, комплексные испытания, аэродинамические испытания, тепловые испытания, тепломеханические испытания.

Введение. Беспилотные авиационные системы (БАС) в последние годы стали важным инструментом решения широкого круга задач в военной, гражданской и научно-технической сферах. Особое значение они приобрели в системе гражданской защиты, где используются для мониторинга паводков, лесных и степных пожаров, оценки последствий природных и техногенных катастроф, проведения поисково-спасательных операций и оперативной разведки в труднодоступных районах. Эффективность применения БАС в указанных условиях напрямую зависит от

надежности конструкций, устойчивости к внешним воздействиям и способности сохранять работоспособность при длительной эксплуатации [1].

Конструкции и составные части БАС в процессе эксплуатации подвергаются одновременному воздействию аэродинамических нагрузок, температурных перепадов и механических усилий. Совместное действие указанных факторов определяет напряженно-деформированное состояние элементов, влияет на ресурс материалов и может приводить к возникновению скрытых дефектов, снижающих безопасность эксплуатации. Для своевременного выявления потенциальных отказов и подтверждения работоспособности изделий необходимы экспериментальные методы, обеспечивающие воспроизведение условий, максимально приближенных к реальной эксплуатации [2-4].

Традиционный подход к испытаниям основан на последовательном использовании аэродинамических труб, тепловых камер и испытательных машин. Несмотря на высокую точность специализированного оборудования, такой подход увеличивает продолжительность исследований и не позволяет в полной мере учитывать взаимное влияние факторов различной физической природы. В связи с этим возрастает значение комплексных испытаний, при которых аэродинамическое, тепловое и механическое воздействия реализуются в рамках единого автоматизированного экспериментального цикла [5].

В ранее выполненных исследованиях авторами проведен анализ мирового опыта создания многофакторных испытательных комплексов и разработан универсальный лабораторный экспериментальный стенд для комплексных аэродинамических, тепловых и тепломеханических испытаний [6, 7]. Однако эффективное использование такой экспериментальной базы требует разработки научно обоснованного способа проведения испытаний, определяющего последовательность операций, параметры режимов воздействия, методы регистрации экспериментальных данных и порядок их обработки.

Таким образом, разработка способа проведения комплексных аэродинамических, тепловых и тепломеханических испытаний представляет собой актуальную научно-техническую задачу, направленную на повышение надежности и безопасности эксплуатации беспилотных авиационных систем, совершенствование экспериментальных методов исследования и расширение возможностей применения БАС в интересах обороны, гражданской защиты и предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Основная часть. Разработка способа проведения комплексных аэродинамических, тепловых и тепломеханических испытаний конструкций и составных частей беспилотных авиационных систем представляет собой самостоятельную научно-техническую задачу, направленную на формирование единого методического подхода к воспроизведению эксплуатационных воздействий различной физической природы. В отличие от традиционных методик, ориентированных на последовательное выполнение отдельных видов испытаний, предлагаемый способ обеспечивает согласованное проведение всех основных воздействий в рамках единого автоматизированного экспериментального цикла.

Ключевой особенностью разработанного способа является интеграция в единую последовательность операций процедур подготовки объекта испытаний,

задания параметров воздушного потока, температурного воздействия и механических нагрузок, синхронизированного управления режимами, регистрации измеряемых параметров и последующей обработки экспериментальных данных. Такой подход позволяет учитывать взаимное влияние аэродинамических, тепловых и механических факторов и получать более объективную оценку прочностных, тепловых и аэродинамических характеристик исследуемых конструкций.

Методическая основа способа сформирована с учетом ранее выполненных исследований, посвященных анализу мирового опыта создания многофакторных испытательных комплексов и разработке универсального лабораторного экспериментального стенда [6, 7]. При этом основное внимание сосредоточено не на конструктивных особенностях оборудования, а на логике организации испытательного процесса, алгоритмах управления режимами и обеспечении воспроизводимости экспериментальных условий.

Предлагаемый способ предусматривает поэтапное выполнение испытаний: подготовку и закрепление объекта исследования, настройку программы испытаний, запуск и синхронизацию воздействующих факторов, непрерывную регистрацию контролируемых параметров, анализ полученных результатов и формирование заключения о работоспособности и устойчивости конструкции. Реализация указанной последовательности позволяет существенно сократить продолжительность испытаний, повысить достоверность результатов и снизить вероятность возникновения ошибок, связанных с использованием нескольких независимых установок.

Целью исследования является разработка способа проведения комплексных аэродинамических, тепловых и тепломеханических испытаний конструкций и составных частей беспилотных авиационных систем, обеспечивающего повышение достоверности экспериментальных результатов, сокращение продолжительности испытаний и повышение надежности и безопасности эксплуатации беспилотной техники.

Для достижения поставленной цели были определены следующие *задачи исследования*:

1. Провести анализ существующих подходов к организации комплексных испытаний конструкций беспилотных авиационных систем.
2. Разработать последовательность выполнения операций при проведении испытаний в рамках единого экспериментального цикла.
3. Сформировать алгоритм синхронизации аэродинамических, тепловых и механических воздействий.
4. Определить порядок регистрации, обработки и анализа экспериментальных данных.
5. Оценить ожидаемые технические и эксплуатационные преимущества предложенного способа.

Материалы и методы исследования. Исследование выполнено на основе анализа функциональных возможностей разрабатываемого универсального лабораторного экспериментального стенда и требований к проведению многофакторных испытаний конструкций беспилотных авиационных систем. В работе использованы методы системного анализа, функционально-структурного моделирования, сравнительного инженерного проектирования и алгоритмического описания последовательности испытательных операций.

При разработке способа учитывались положения экспериментальной аэродинамики, теплотехники, сопротивления материалов, технической метрологии и автоматизированных систем управления. В качестве исходных данных использовались результаты ранее выполненных исследований, нормативно-технические документы и современные подходы к организации комплексных испытаний авиационной техники.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате проведенного исследования разработан способ проведения комплексных аэродинамических, тепловых и тепломеханических испытаний конструкций и составных частей БАС, обеспечивающий синхронизированное воспроизведение эксплуатационных воздействий различной физической природы в рамках единого автоматизированного экспериментального цикла. Предложенный способ предназначен для получения объективных экспериментальных данных о поведении исследуемых конструкций в условиях, максимально приближенных к реальной эксплуатации.

В отличие от традиционных методик, предусматривающих раздельное проведение аэродинамических, тепловых и механических испытаний, разработанный способ объединяет все основные этапы исследования в единую последовательность, что позволяет учитывать совместное влияние различных факторов, сократить продолжительность испытаний и повысить достоверность получаемых результатов.

Схема реализации способа проведения комплексных испытаний. Структурная схема реализации разработанного способа проведения комплексных аэродинамических, тепловых и тепломеханических испытаний конструкций и составных частей беспилотных авиационных систем представлена на рисунке 1.

На рисунке 1 показана схема реализации заявляемого способа, согласно которой объект испытаний (1) подвергается согласованному воздействию аэродинамических, тепловых и механических факторов в рамках единого испытательного процесса.

В соответствии со способом аэродинамическое воздействие на объект испытаний осуществляется системой формирования аэродинамического воздействия (2), обеспечивающей создание направленного воздушного потока с заданными параметрами скорости и структуры.



Рисунок 1 – Схема реализации способа проведения комплексных аэродинамических, тепловых и тепломеханических испытаний

Одновременно или последовательно с аэродинамическим воздействием системой теплового воздействия (3) осуществляется нагрев и (или) охлаждение объекта испытаний и окружающей его среды в соответствии с установленной программой испытаний.

Механическое нагружение объекта испытаний обеспечивается системой механического нагружения (4), посредством которой к объекту прикладываются заданные усилия растяжения, сжатия, изгиба и (или) кручения при одновременном воздействии аэродинамических и тепловых факторов.

Задание, регулирование и синхронизация аэродинамических, тепловых и механических воздействий осуществляются системой управления и обработки данных (5), обеспечивающей реализацию требуемых режимов испытаний, регистрацию измеряемых параметров и последующий анализ полученных результатов.

Таким образом, схема, представленная на рисунке 1, отражает один из возможных вариантов реализации разработанного способа и демонстрирует принцип комплексного воздействия на объект испытаний в рамках единого автоматизированного экспериментального цикла. Реализация предложенного подхода позволяет повысить достоверность и воспроизводимость результатов, сократить продолжительность испытаний и обеспечить более объективную оценку надежности и безопасности эксплуатации беспилотных авиационных систем.

Последовательность проведения комплексных испытаний. Последовательность реализации разработанного способа проведения комплексных аэродинамических, тепловых и тепломеханических испытаний представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Последовательность проведения комплексных испытаний

Разработанный способ включает семь последовательно выполняемых этапов, охватывающих полный цикл экспериментального исследования – от подготовки объекта испытаний до формирования итогового заключения. На первом этапе осуществляется подготовка исследуемого образца, установка датчиков и проверка работоспособности измерительных каналов. Далее объект закрепляется в рабочей зоне стенда и подключается к функциональным подсистемам, обеспечивающим аэродинамическое, тепловое и механическое воздействия.

На следующем этапе формируется программа испытаний, в которой задаются параметры воздушного потока, температурные режимы и механические нагрузки в соответствии с предполагаемыми условиями эксплуатации. После этого проводится синхронизированное воспроизведение всех воздействующих факторов в рамках единого автоматизированного цикла.

В ходе испытаний осуществляется непрерывная регистрация, визуализация и архивирование экспериментальных данных. Полученная информация подвергается последующей обработке и сопоставлению с расчетными или нормативными значениями. На завершающем этапе формируется заключение, содержащее оценку работоспособности, устойчивости и соответствия исследуемой конструкции установленным требованиям.

Представленная последовательность обеспечивает стандартизированный порядок проведения испытаний и позволяет получать объективные и воспроизводимые результаты. Реализация всех этапов в рамках единого автоматизированного цикла способствует сокращению продолжительности экспериментальных работ и повышению достоверности оценки прочностных, тепловых и аэродинамических характеристик конструкций беспилотных авиационных систем.

Контролируемые параметры и обработка экспериментальных данных. Одним из ключевых элементов разработанного способа является организация непрерывного контроля параметров, характеризующих как режимы внешнего воздействия, так и реакцию исследуемой конструкции. Это позволяет получать объективную информацию о поведении объекта испытаний и выполнять комплексную оценку его аэродинамических, тепловых и прочностных характеристик.

В процессе испытаний регистрируются скорость и давление воздушного потока, температура исследуемого объекта и окружающей среды, величины прикладываемых механических нагрузок, деформации, напряжения, а при необходимости — вибрационные характеристики и другие параметры, предусмотренные программой испытаний. Сбор данных осуществляется в автоматическом режиме с использованием датчиков и измерительных каналов, интегрированных в систему управления и обработки данных.

Полученные экспериментальные данные подвергаются синхронизации по времени, первичной фильтрации и архивированию. Далее выполняются их визуализация, статистическая обработка и сопоставление с расчетными моделями, результатами численного моделирования или нормативными требованиями. Такой подход позволяет выявлять закономерности изменения характеристик объекта испытаний, определять предельные режимы работы и оценивать устойчивость конструкции к комплексному воздействию факторов различной физической природы.

Результатом обработки экспериментальных данных является формирование объективного заключения о техническом состоянии исследуемой конструкции, ее работоспособности и соответствии установленным требованиям. Это обеспечивает возможность использования полученных результатов при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, верификации расчетных моделей и совершенствовании конструкций беспилотных авиационных систем.

Преимущества и практическая значимость разработанного способа. Проведенное исследование показало, что разработанный способ проведения комплексных аэродинамических, тепловых и тепломеханических испытаний обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с традиционными методиками, основанными на последовательном использовании отдельных специализированных установок. Основным преимуществом является возможность одновременного воспроизведения аэродинамических, температурных и механических воздействий в рамках единого автоматизированного экспериментального цикла, что позволяет учитывать их взаимное влияние и получать более достоверные и информативные результаты.

Исключение необходимости многократного перемещения объекта между различными испытательными установками снижает вероятность возникновения дополнительных погрешностей, уменьшает трудоемкость экспериментальных работ и сокращает общее время проведения исследований. Централизованное управление всеми режимами воздействия и автоматизированная регистрация параметров обеспечивают высокую воспроизводимость условий эксперимента, сопоставимость получаемых данных и возможность проведения детального анализа поведения исследуемой конструкции в условиях, максимально приближенных к реальной эксплуатации.

Практическая значимость разработанного способа заключается в возможности его использования при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, экспериментальной проверке новых конструктивных решений, верификации расчетных моделей и совершенствовании беспилотных авиационных систем. Предложенный подход может применяться при исследовании элементов планера, силовых конструкций, узлов крепления и других ответственных компонентов, для которых требуется оценка совместного воздействия факторов различной физической природы.

Заключение. В результате проведенного исследования разработан способ проведения комплексных аэродинамических, тепловых и тепломеханических испытаний конструкций и составных частей беспилотных авиационных систем, направленный на повышение надежности и безопасности их эксплуатации. Предложенный способ обеспечивает синхронизированное воспроизведение аэродинамических, температурных и механических воздействий в рамках единого автоматизированного экспериментального цикла.

В ходе работы разработаны структурная схема реализации способа, последовательность проведения испытаний, а также определены контролируемые параметры и порядок обработки экспериментальных данных. Установлено, что применение предложенного подхода позволяет учитывать совместное влияние факторов различной физической природы, повысить достоверность и

воспроизводимость результатов, сократить продолжительность экспериментальных исследований и снизить вероятность возникновения дополнительных погрешностей.

Практическая значимость разработки заключается в возможности ее использования при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, верификации расчетных моделей и совершенствовании конструкций беспилотных авиационных систем. Реализация предложенного способа способствует повышению надежности и безопасности эксплуатации беспилотной техники, применяемой в интересах обороны, гражданской защиты и предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, разработанный способ представляет собой перспективное отечественное техническое решение, обладающее высокой научно-технической новизной и значительным прикладным потенциалом. Дальнейшие исследования будут направлены на экспериментальную апробацию предложенного способа на универсальном лабораторном экспериментальном стенде и оценку его эффективности в условиях практического применения.

Данная научная статья опубликована в рамках выполнения научного проекта грантового финансирования на 2025-2027 годы ИРН АР261058/0224 «Создание универсального лабораторного экспериментального стенда с возможностью проведения аэродинамических, тепловых и тепломеханических испытаний конструкций и составных частей БАС» (исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан).

Список литературы

1. Austin R. Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment. Chichester: John Wiley & Sons, 2010. 372 p.
2. Anderson J. D. Fundamentals of Aerodynamics. 6th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2017. 1184 p.
3. Incropera F. P., DeWitt D. P., Bergman T. L., Lavine A. S. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 8th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2017. 984 p.
4. Dowling N. E. Mechanical Behavior of Materials: Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue. 5th ed. Boston: Pearson, 2019. 960 p.
5. MIL-STD-810H. Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests. Washington, DC: Department of Defense, 2019.
6. Калкабек А.М., Кажобаев К.С., Касенов Д.Д. Мировой опыт создания многофакторных стендов для аэродинамических, тепловых и климатических испытаний беспилотных авиационных систем // Наука и образование в гражданской защите. – 2025. – № 3 (59). – С. 29–38.
7. Касенов Д.Д., Кажобаев К.С., Калкабек А.М. Разработка универсального лабораторного стенда для комплексных аэродинамических и тепломеханических испытаний беспилотных авиационных систем // Сардар. – 2025. – № 3 (51). – С. 223–230.

References

1. Austin R. Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment. Chichester: John Wiley & Sons, 2010. 372 p.
2. Anderson J. D. Fundamentals of Aerodynamics. 6th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2017. 1184 p.

3. Incropera F. P., DeWitt D. P., Bergman T. L., Lavine A. S. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 8th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2017. 984 p.
4. Dowling N. E. Mechanical Behavior of Materials: Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue. 5th ed. Boston: Pearson, 2019. 960 p.
5. MIL-STD-810H. Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests. Washington, DC: Department of Defense, 2019.
6. Kalkabek A.M., Kazhibayev K.S., Kasenov D.D. Mirovoj opyt sozdaniya mnogofaktornyh stendov dlya aerodinamicheskikh, teplovyh i klimaticheskikh ispytaniy bespilotnyh aviacionnyh sistem // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashchite. – 2025. – № 3 (59). – S. 29–38.
7. Kasenov D.D., Kazhibayev K.S., Kalkabek A.M. Razrabotka universal'nogo laboratornogo stenda dlya kompleksnyh aerodinamicheskikh i teplomekhanicheskikh ispytaniy bespilotnyh aviacionnyh sistem // Sardar. – 2025. – № 3 (51). – S. 223–230.

Д. Д. Қасенов¹, А. М. Қалкабек², К. С. Кажыбаев², С. Ж. Құртаев³

¹Қазақстан Республикасының Ұлттық қорғаныс университеті, Астана, Қазақстан

²«Қазақстан инжиниринг» R&D орталығы ЖШС, Астана, Қазақстан

³Қарулы Күштер, басқарма бастығы, Астана, Қазақстан

ҰШҚЫШСЫЗ АВИАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ ПАЙДАЛАНУ СЕНІМДІЛІГІ МЕН ҚАУІПСІЗДІГІН АРТТЫРУ ҮШІН КЕШЕНДІ АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ, ЖЫЛУЛЫҚ ЖӘНЕ ЖЫЛУ-МЕХАНИКАЛЫҚ СЫНАҚТАР ЖҮРГІЗУ ӘДІСІ

Андатпа. Мақалада ұшқышсыз авиациялық жүйелердің конструкциялары мен құрамдас бөліктерінің пайдалану сенімділігі мен қауіпсіздігін арттыруға арналған кешенді аэродинамикалық, жылулық және жылу-механикалық сынақтар жүргізу әдісін әзірлеу нәтижелері ұсынылған. Зерттеудің өзектілігі ұшқышсыз авиациялық жүйелердің әскери және азаматтық авиацияда, сондай-ақ азаматтық қорғау жүйесінде кеңінен қолданылуымен байланысты. Олардың қатарына су тасқындарын, орман және дала өрттерін мониторингтеу, табиғи және техногендік апаттардың салдарын бағалау, сондай-ақ іздестіру-құтқару операцияларын жүргізу жатады. Бірнеше мамандандырылған қондырғыларды кезекпен пайдалануға негізделген дәстүрлі тәсілден айырмашылығы, ұсынылған әдіс ауа ағынын, температуралық әсерді және механикалық жүктемелерді бірыңғай автоматтандырылған эксперименттік цикл шеңберінде қайта жаңғыртуға мүмкіндік береді. Әдіс сынақ объектісін дайындауды, оны әмбебап зертханалық эксперименттік стендтің жұмыс аймағына орнатуды, сынақ параметрлерін енгізуді, әсер ету режимдерін синхронды басқаруды, өлшенетін параметрлерді тіркеуді және алынған эксперименттік деректерді кейіннен өңдеуді қамтиды. Әзірленген әдісті қолдану нәтижелерінің дәлдігі мен қайталанғыштығын арттыруға, сынақтардың ұзақтығын қысқартуға және зерттелетін конструкциялардың беріктік, жылулық және аэродинамикалық сипаттамаларын кешенді бағалауға мүмкіндік беретіні көрсетілген. Әзірлеменің практикалық маңыздылығы оның ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстарды орындауда, есептік модельдерді верификациялауда және қорғаныс, азаматтық қорғау және төтенше жағдайлардың алдын алу мүддесінде қолданылатын ұшқышсыз авиациялық жүйелерді жетілдіруде пайдаланылу мүмкіндігімен айқындалады.

Түйінді сөздер: ұшқышсыз авиациялық жүйелер, пайдалану қауіпсіздігі, конструкциялардың сенімділігі, азаматтық қорғау, төтенше жағдайлар мониторингі, сынақ жүргізу әдісі, кешенді сынақтар, аэродинамикалық сынақтар, жылулық сынақтар, жылу-механикалық сынақтар.

D. D. Kassenov¹, A. M. Kalkabek², K. S. Kazhibayev², S. J. Kurtaev³

¹*National Defense University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan*

²*LLP "R&D Center 'Kazakhstan Engineering', Astana, Kazakhstan*

³*AF Head of Department, Astana, Kazakhstan*

METHOD FOR CONDUCTING COMPREHENSIVE AERODYNAMIC, THERMAL, AND THERMOMECHANICAL TESTING OF UNMANNED AERIAL SYSTEM STRUCTURES TO IMPROVE RELIABILITY AND OPERATIONAL SAFETY

Abstract. The article presents the results of developing a method for conducting comprehensive aerodynamic, thermal, and thermomechanical testing of structures and components of unmanned aerial systems to improve their reliability and operational safety. The relevance of the study is due the widespread use of unmanned aerial systems in military and civil aviation, as well as in civil protection, including flood monitoring, forest and steppe fire surveillance, assessment of the consequences of natural and technological disasters, and search-and-rescue operations. Unlike the conventional approach based on the sequential use of several specialized facilities, the proposed method enables the reproduction of airflow, thermal exposure, and mechanical loads within a single automated experimental cycle. The method includes preparation of the test object, its installation in the test section of a universal laboratory experimental test bench, setting of test parameters, synchronized control of exposure modes, acquisition of measured parameters, and subsequent processing of experimental data. It is shown that the developed method improves the accuracy and reproducibility of results, reduces testing time, and provides a comprehensive assessment of the structural, thermal, and aerodynamic characteristics of the investigated components. The practical significance of the development lies in its applicability to research and development activities, verification of computational models, and improvement of unmanned aerial systems used in the interests of defense, civil protection, and emergency prevention.

Keywords: unmanned aerial systems, operational safety, structural reliability, civil protection, emergency monitoring, testing method, comprehensive testing, aerodynamic testing, thermal testing, thermomechanical testing.

Сведения об авторах / Information about the authors

Касенов Даурен Дулатович – докторант Национального университета обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан. E-mail: kas.daur@mail.ru

Кажыбаев Канат Сайлаубаевич – аспирант, проект менеджер офиса управления ТОО «R&D centr «Kazakhstan Endgineering», Астана, Казахстан. E-mail: k.kazhibayev@mail.ru

Қалкабек Айдос Мусаұлы – заместитель генерального директора ТОО «R&D centr «Kazakhstan Endgineering», Астана, Казахстан. E-mail: kalkabek@rdke.kz

Куртаев Сабит Жанболатович – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, начальник управления Департамента БПЛА ВС РК, Астана, Казахстан. E-mail: Sk_82@mail.kz

Dauren D. Kasenov – is a doctoral student at the National Defense University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan. E-mail: kas.daur@mail.ru

Kanat S. Kazhibayev – Postgraduate student, Project Manager of the Management office of R&D center Kazakhstan Endgineering LLP, Astana, Kazakhstan. E-mail: k.kazhibayev@mail.ru

Aidos M. Kalkabek – Deputy General Director of R&D center Kazakhstan Endgineering LLP, Astana, Kazakhstan. E-mail: kalkabek@rdke.kz

Sabit Zh. Kurtaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of UAVS of the Armed Forces of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan. E-mail: Sk_82@mail.kz

МРНТИ 14.35.09
УДК 355.58:378.147

Б. М. Кабашев¹, З. Р. Бурнаев², А. А. Жаулыбаев², А. А. Абдрахманов¹

¹*Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики
Казахстан, Кокшетау, Казахстан*

²*Национальный университет обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан*

К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ГОТОВНОСТИ СПЕЦИАЛИСТОВ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Аннотация. В статье рассматривается научно-педагогическое обоснование методики подготовки специалистов радиационной, химической и биологической защиты в государственной системе гражданской защиты. Представлена авторская модель методики подготовки специалистов. Исследование направлено на повышение эффективности профессиональной деятельности специалистов радиационной, химической и биологической защиты. Полученные результаты исследования будут использованы при внедрении методики подготовки специалистов в образовательных организациях государственной системы гражданской защиты.

Ключевые слова: гражданская оборона, гражданская защита, радиационная, химическая и биологическая защита, профессиональная подготовка, компетентностный подход, тренировочный полигон, методика обучения, профессиональная готовность.

Современная Государственная система гражданской защиты (ГСГЗ) Республики Казахстан функционирует в условиях усложнения чрезвычайных ситуаций, роста природных и техногенных рисков, а также сохранения угрозы радиационной, химической и биологической аварий [1]. В связи с этим особое значение приобретает подготовка специалистов радиационной, химической и биологической (РХБ) защиты, обеспечивающих выявление опасных факторов, оценку обстановки, проведение разведки, специальной обработки и участие в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций [1-3].

Актуальность темы исследования обуславливается тем, что традиционная подготовка специалистов данной категории нередко строится преимущественно на передаче нормативных знаний и отработке отдельных практических действий. Однако реальные условия чрезвычайной ситуации требуют от специалиста способности к комплексной оценке обстановки, быстрому выбору алгоритма действий, межведомственному взаимодействию, управлению риском и принятию решений в условиях недостаточной информации [4-6]. Это обуславливает необходимость перехода от предметно-фрагментарной модели обучения к интегрированной методике, основанной на формировании профессиональной готовности.

Одной из ключевых проблем существующих систем подготовки является ограниченность практической составляющей [7]. Следовательно, проблема исследования состоит в наличии противоречия между возрастающими требованиями к специалистам радиационной, химической и биологической защиты и недостаточной

научно-педагогической разработанностью методики их подготовки в системе гражданской обороны. Международные руководства по реагированию на радиологические, химические и иные опасные инциденты подчеркивают значение ранних действий, практической тренировки, сценарного обучения, межведомственной координации и подготовленности первых реагирующих [4-6]. Эти положения актуальны и для отечественной системы подготовки кадров гражданской защиты.

Таким образом, цель настоящего исследования состоит в разработке и научном обосновании методики подготовки специалистов РХБ защиты, ориентированной на повышение эффективности их профессиональной деятельности.

Исследование выполнено на основе совокупности общенаучных и специальных методов. Применялись анализ нормативно-правовых актов Республики Казахстан, сравнительный анализ международных материалов по подготовке специалистов к реагированию на химические, биологические, радиологические и ядерные инциденты, системный и структурно-функциональный анализ, педагогическое моделирование, метод экспертного обобщения, а также проектирование критериев оценки профессиональной готовности. Нормативную основу составили Закон Республики Казахстан «О гражданской защите» [1], Закон Республики Казахстан «Об образовании» [2], а также Приказ Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан «Правила организации и осуществления учебного процесса в специальном учебном заведении Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан» [3].

Содержательную основу исследования образуют материалы Международного агентства по атомной энергии, Руководство по реагированию на чрезвычайные ситуации при перевозке опасных грузов, международные учебные материалы по подготовке к инцидентам с химическими, биологическими, радиологическими и ядерными факторами, а также документы по управлению рисками бедствий [4-8].

При построении авторской методики использованы четыре методологических подхода: системный, компетентностный, деятельностный и личностно-ориентированный.

Системный подход позволил представить подготовку как целостный процесс, состоящий из целей, содержания, технологий обучения, практико-тренировочной среды и диагностики результатов. Компетентностный подход обеспечил переход от оценки усвоенной информации к оценке способности применять знания и навыки при решении профессиональных задач. Деятельностный подход определил необходимость моделирования действий, приближенных к условиям службы: разведка очага заражения, работа с приборами контроля, определение границ опасной зоны, применение средств защиты и проведение специальной обработки. Личностно-ориентированный подход акцентировал внимание на ответственности, стрессоустойчивости, дисциплинированности и готовности к безопасному поведению.

Профессиональная готовность специалиста РХБ защиты в настоящем исследовании рассматривается как интегративный результат подготовки, выражающий способность обучающегося выявлять опасные факторы, оценивать обстановку, выбирать адекватный алгоритм действий, применять средства защиты и выполнять задачи в составе подразделения. В отличие от традиционного понимания

готовности как суммы знаний и умений, предлагаемая трактовка включает мотивационно-личностный, когнитивный, операционально-технологический, аналитико-диагностический, коммуникативно-управленческий и рефлексивно-безопасностный уровни (таблица 1).

Таблица 1 – Компоненты профессиональной готовности специалиста РХБ защиты

Компонент готовности	Содержание компонента	Основной результат подготовки
Мотивационно-ценностный	Осознание социальной значимости службы, ответственности за безопасность населения и подразделения	Профессиональная направленность
Когнитивный	Знание нормативных требований, поражающих факторов, средств защиты, приборов контроля	Теоретическая подготовленность
Операционально-технологический	Владение действиями по разведке, контролю, специальной обработке, применению средств защиты	Практическая готовность
Аналитико-диагностический	Умение оценивать обстановку, прогнозировать развитие опасной зоны, выбирать алгоритм действий	Способность к решению ситуационных задач
Коммуникативно-управленческий	Взаимодействие в составе подразделения, передача данных, координация действий	Организованность и управляемость
Рефлексивно-безопасностный	Самоконтроль, соблюдение мер безопасности, анализ ошибок	Устойчивость профессионального поведения

Такое понимание готовности позволяет перейти от оценки отдельных знаний к комплексной диагностике способности специалиста действовать в реальной или моделируемой чрезвычайной ситуации.

Авторская методика подготовки строится как последовательное соединение пяти блоков (рисунок 1). Целевой блок задает ожидаемый результат – форсированность профессиональной готовности к действиям в условиях РХБ опасности.

Целевой блок включает педагогически заданный образ конечного результата подготовки, т.е. форсированность профессиональной готовности специалиста к действиям в условиях РХБ защиты. Содержательный блок объединяет нормативно-правовой, естественно-научный, тактико-специальный и практико-технологический модули. Процессуально-технологический блок включает проблемные лекции, разбор аварийных ситуаций, ситуационное моделирование, лабораторные работы, практические занятия, тактико-специальные тренировки и командно-штабные элементы. Практико-тренировочный блок реализуется через учебный полигон, имитационные участки заражения, маршруты разведки, пункт специальной обработки и зоны работы в средствах индивидуальной защиты. Оценочно-результативный блок обеспечивает измерение динамики подготовки и позволяет сопоставлять достигнутый уровень с заданными критериями.



Рисунок 1 – Блок-схема авторской методики подготовки специалистов РХБ защиты

Для оценки результативности методики предлагается использовать интегральный коэффициент профессиональной готовности (K_r) [9]:

$$K_r = 0,15M + 0,20K + 0,25O + 0,15A + 0,15Y + 0,10P \quad (1)$$

где: M – мотивационно-ценностный компонент; K – когнитивный компонент; O – операционально-технологический компонент; A – аналитико-диагностический компонент; Y – коммуникативно-управленческий компонент; P – рефлексивно-безопасностный компонент.

Формула 1 позволяет представить профессиональную готовность специалиста РХБ защиты не как сумму отдельных знаний и умений, а как интегральный результат сформированности взаимосвязанных компонентов подготовки. При этом каждый компонент отражает определенную сторону профессиональной деятельности специалиста: мотивационную направленность, уровень теоретических знаний, практическую способность выполнять задачи РХБ защиты, умение анализировать обстановку, организовывать взаимодействие и оценивать собственные действия с позиции безопасности [9].

Следовательно, интегральный коэффициент профессиональной готовности выступает расчетным показателем, позволяющим перейти от качественного описания результатов подготовки к их количественной оценке. Для наглядного представления порядка такой оценки целесообразно использовать схему интегральной оценки профессиональной готовности специалиста РХБ защиты (рисунок 2), отражающую взаимосвязь компонентов, их весовых значений и итогового уровня готовности [9].

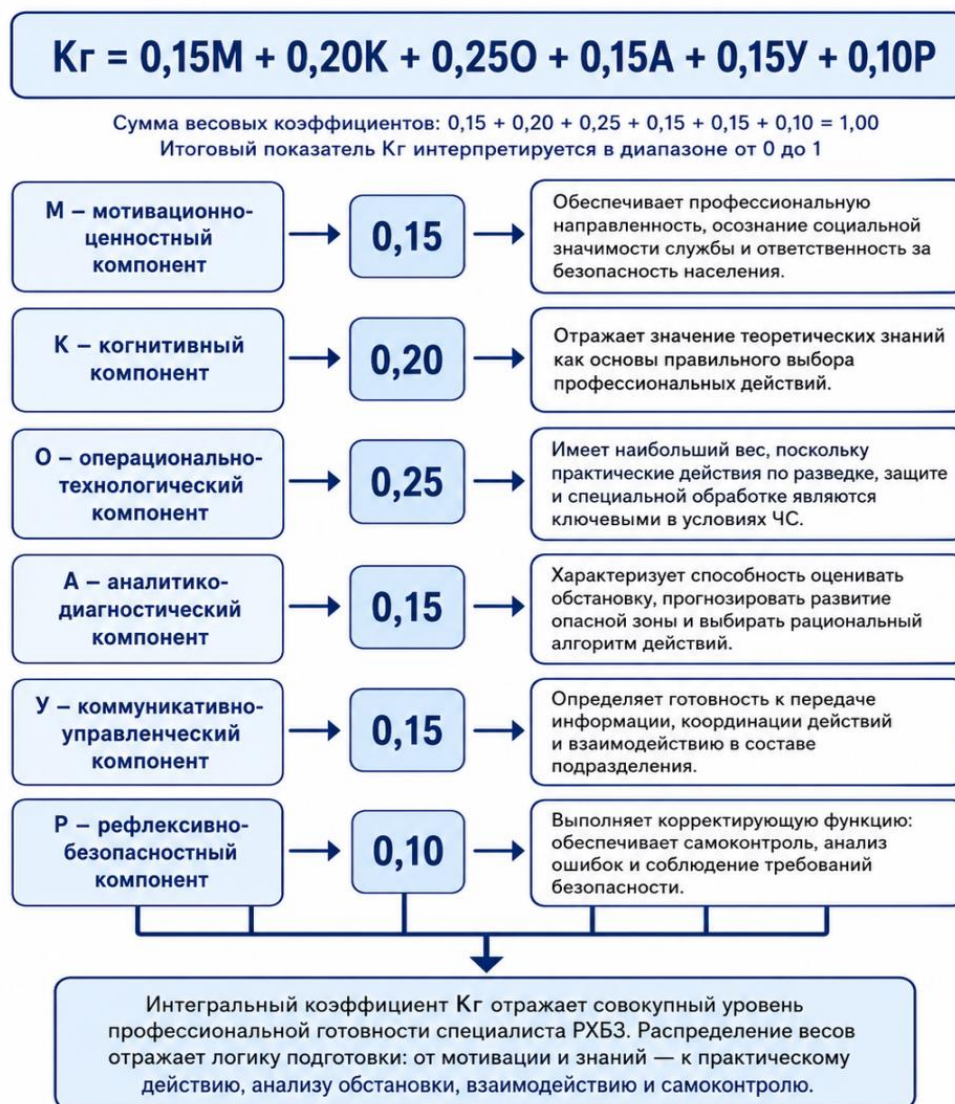


Рисунок 2 – Схема интегральной оценки профессиональной готовности специалиста готовности РХБ защиты

Представленная схема интегральной оценки профессиональной готовности специалиста РХБ защиты отражает последовательность перехода от оценки отдельных компонентов готовности к получению обобщенного результата. Вместе с тем сам по себе интегральный коэффициент приобретает научно-педагогическое значение только при наличии четких интерпретационных границ, позволяющих соотнести числовое значение показателя с определенным уровнем профессиональной готовности.

В этой связи в методике предлагается использовать уровневую шкалу интерпретации интегрального коэффициента (таблица 2), которая обеспечивает объективизацию результатов диагностики, сопоставимость данных на различных этапах подготовки и возможность принятия педагогически обоснованных решений по совершенствованию образовательного процесса.

Таблица 2 – Интерпретация интегрального коэффициента профессиональной готовности

Значение коэффициента	Уровень готовности	Характеристика
0,85–1,00	Высокий	Обучающийся уверенно действует в сложной обстановке, самостоятельно выбирает алгоритм действий
0,70–0,84	Достаточный	Основные действия выполняются правильно, отдельные решения требуют корректировки
0,50–0,69	Средний	Знания имеются, но практические действия нестабильны
Ниже 0,50	Низкий	Требуется повторная подготовка и индивидуальная коррекция

Таким образом, интерпретация интегрального коэффициента позволяет перевести количественные результаты оценки в качественную характеристику уровня профессиональной готовности специалиста РХБ защиты. Это обеспечивает не только фиксацию достигнутого результата, но и выявление дефицитов подготовки по каждому компоненту готовности, что особенно важно для последующей корректировки содержания занятий, усиления практико-тренировочного блока и повышения эффективности авторской методики [9].

Ключевым условием реализации методики является учебно-тренировочный полигон, поскольку именно он обеспечивает переход от объяснения и демонстрации к профессионально ориентированному действию. В рамках предлагаемой методики полигон не сводится к месту проведения отдельных практических занятий. Он выступает как специально организованная образовательная среда, в которой учебная задача приобретает признаки реальной служебной ситуации: ограниченность времени, необходимость работы в средствах защиты, наличие маршрута, потребность в докладе, риск нарушения техники безопасности и необходимость командного взаимодействия.

Педагогическая ценность полигона выражается в трех результатах. Во-первых, формируется устойчивая связь между теоретическим знанием и действием. Во-вторых, развиваются профессионально важные качества: выдержка, внимательность, дисциплина, способность работать в средствах защиты и соблюдать алгоритм при физической нагрузке. В-третьих, появляется возможность объективной оценки по измеряемым показателям: времени выполнения, количеству ошибок, полноте доклада, правильности выбора средств защиты, качеству специальной обработки и соблюдению мер безопасности.

Научная новизна исследования заключается в том, что подготовка специалистов РХБ защиты представлена как интегрированная педагогическая система, в которой содержание обучения, практическая тренировка и оценка результатов подчинены единой цели – формированию профессиональной готовности к действию в условиях опасности. В отличие от подходов, ориентированных преимущественно на проверку знаний или выполнение отдельных нормативов, предложенная методика соединяет модульное содержание, сценарное обучение, полигонную практику и математическую диагностику результата.

Теоретическая значимость позволяет теоретически обосновать подготовку специалиста РХБ защиты не как совокупность отдельных учебных занятий, а как

целостную педагогическую систему. Это расширяет научное понимание процесса формирования профессиональной готовности специалиста РХБ защиты как интегрального качества личности и профессиональной деятельности.

Практическая значимость исследования состоит в возможности использования методики при разработке рабочих учебных программ, планов практических занятий, тактико-специальных тренировок, оценочных листов, критериев рубежного и итогового контроля, а также при проектировании учебно-тренировочного полигона для подготовки специалистов гражданской защиты. Предложенный расчетный аппарат может применяться для мониторинга индивидуальной динамики обучающихся, сравнения учебных групп и обоснования корректирующих педагогических мер.

Таким образом, результаты исследования подтверждают, что повышение эффективности подготовки специалистов в области РХБ защиты возможно только при построении образовательного процесса как целостной педагогической системы, ориентированной на формирование профессиональной готовности к действиям в условиях риска, дефицита времени и высокой ответственности. Разработанная методика обеспечивает интеграцию теоретической подготовки, полигонной практики, сценарного моделирования и объективной диагностики результатов обучения, что позволяет приблизить учебный процесс к реальным условиям служебно-боевой деятельности. Использование учебно-тренировочного полигона как специализированной образовательной среды обеспечивает устойчивую связь между знанием и практическим действием, способствует развитию профессионально значимых качеств и создает условия для объективной оценки уровня подготовки обучающихся по измеряемым критериям.

Данные исследования выполнены в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по проекту AP23488650 на тему: «Методика обоснования рационального варианта технического оснащения учебных мест специального военного образовательного учреждения, предназначенных для подготовки специалистов в области РХБ защиты».

Список литературы

1. Республика Казахстан. Закон РК. О гражданской защите: принят 11 апреля 2014 года, № 188-V ЗРК.
2. Республика Казахстан. Закон РК. Об образовании: принят 27 июля 2007 года, № 319-III.
3. Правила организации и осуществления учебного процесса в специальном учебном заведении Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан: утв. Приказом Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан от 19 августа 2021 года № 409.
4. Международное агентство по атомной энергии. Руководство для лиц, принимающих первые необходимые меры в случае радиологической аварийной ситуации. Вена: МАГАТЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iaea.org/publications/7606/manual-for-first-responders-to-a-radiological-emergency> (дата обращения: 01.04.2026).
5. U.S. Department of Transportation. 2024 Emergency Response Guidebook. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.phmsa.dot.gov> (дата обращения: 15.04.2026).

6. NATO. Guidelines for First Responders to a CBRN Incident. Civil Emergency Planning. Brussels: NATO. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nato.int> (дата обращения: 15.04.2026).

7. Шарипханов С.Д., Абдрахманов А.А., Жаулыбаев А.А., Бекболатова М.Б. Методика формирования практической готовности персонала и сил реагирования при авариях с выбросом сильнодействующих ядовитых веществ на опасных производственных объектах // Наука и образование в гражданской защите. – 2026. – № 1 (61). – С. 16–24.

8. European Committee for Standardization. Basic CBRN Training Curriculum for First Responders and Medical Staff Including First Receivers. European Civil Protection Knowledge Network. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu> (дата обращения: 15.04.2026).

9. Силич В.А., Силич М.П. Теория систем и системный анализ: учебное пособие. – Томск: ТПУ. – 2010. – 97 с.

References

1. Respublika Kazakhstan. Zakon RK. O grazhdanskoj zashchite: prinyat 11 aprelya 2014 goda, № 188-V ЗПК.

2. Respublika Kazakhstan. Zakon RK. Ob obrazovanii: prinyat 27 iyulya 2007 goda, № 319-III.

3. Pravila organizacii i osushchestvleniya uchebnogo processa v special'nom uchebnom zavedenii Ministerstva po chrezvychajnym situacijam Respubliki Kazakhstan: utv. Priказом Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан от 19 августа 2021 года № 409.

4. Mezhdunarodnoe agentstvo po atomnoj energii. Rukovodstvo dlya lic, prinimayushchih pervye neobhodimye mery v sluchae radiologicheskoj avarijnoj situacii. Vena: MAGATE [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.iaea.org/publications/7606/manual-for-first-responders-to-a-radiological-emergency> (data obrashcheniya: 01.04.2026).

5. U.S. Department of Transportation. 2024 Emergency Response Guidebook. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.phmsa.dot.gov> (data obrashcheniya: 15.04.2026).

6. NATO. Guidelines for First Responders to a CBRN Incident. Civil Emergency Planning. Brussels: NATO. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.nato.int> (data obrashcheniya: 15.04.2026).

7. Shariphanov S.D., Abdrahmanov A.A., Zhaulybaev A.A., Bekbolatova M.B. Metodika formirovaniya prakticheskoy gotovnosti personala i sil reagirovaniya pri avariayah s vybrosom sil'nodejstvuyushchih yadovityh veshchestv na opasnyh proizvodstvennyh ob"ektah // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashchite. – 2026. – № 1 (61). – S. 16–24.

8. European Committee for Standardization. Basic CBRN Training Curriculum for First Responders and Medical Staff Including First Receivers. European Civil Protection Knowledge Network. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu> (data obrashcheniya: 15.04.2026).

9. Silich V.A., Silich M.P. Teoriya sistem i sistemnyj analiz: uchebnoe posobie. – Tomsk: TPU. – 2010. – 97 s.

Б. М. Кабашев¹, З. Р. Бурнаев², А. А. Жаулыбаев², А. А. Абдрахманов¹

¹*Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы,
Көкшетау, Қазақстан*

²*Қазақстан Республикасының Ұлттық қорғаныс университеті, Астана, Қазақстан*

РАДИАЦИЯЛЫҚ, ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ ҚОРҒАУ МАМАНДАРЫНЫҢ КӘСІБИ ДАЯРЛЫҒЫН ҚАЛЫПТАСТЫРУ МӘСЕЛЕСІ ТУРАЛЫ

Аңдатпа. Мақалада азаматтық қорғаудың мемлекеттік жүйесінде радиациялық, химиялық және биологиялық қорғау мамандарын даярлау әдістемесінің ғылыми-педагогикалық негіздемесі қарастырылады. Мамандарды даярлау әдістемесінің авторлық моделі ұсынылған. Зерттеу радиациялық, химиялық және биологиялық қорғау мамандарының кәсіби қызметінің тиімділігін арттыруға бағытталған. Алынған зерттеу нәтижелері азаматтық қорғаудың мемлекеттік жүйесінің білім беру ұйымдарында мамандарды даярлау әдістемесін енгізу кезінде пайдаланылатын болады.

Түйінді сөздер: азаматтық қорғаныс, азаматтық қорғау, радиациялық, химиялық және биологиялық қорғау, кәсіптік даярлық, құзыреттілік тәсіл, жаттығу полигоны, оқыту әдістемесі, кәсіптік даярлық.

B. M. Kabashev¹, Z. R. Burnayev², A. A. Zhaulybayev², A. A. Abdrakhmanov¹

¹*Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the
Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan.*

²*National Defense University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan*

ON THE ISSUE OF THE FORMATION OF PROFESSIONAL READINESS OF RADIATION, CHEMICAL SPECIALISTS AND BIOLOGICAL PROTECTION

Abstract. The article examines the scientific and pedagogical justification of the methods of training radiation, chemical and biological protection specialists in the state civil protection system. The author's model of the specialist training methodology is presented. The research is aimed at improving the effectiveness of the professional activities of radiation, chemical and biological protection specialists. The obtained research results will be used in the implementation of methods of training specialists in educational institutions of the state civil protection system.

Keywords: civil defense, civil protection, radiation, chemical and biological protection, professional training, competence approach, training ground, training methodology, professional readiness.

Сведения об авторах / Information about the authors

Кабашев Бахтияр Максотулы – магистр, старший преподаватель кафедры гражданской обороны и военной подготовки Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: koksh_98@mail.ru

Бурнаев Зуфар Русланович – кандидат педагогических наук, профессор, начальник управления исследования военной истории и педагогики Национального университета обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан. E-mail: zyfarbyr@mail.ru

Жаулыбаев Асан Аблаевич – кандидат технических наук, ассоциированный профессор (доцент), профессор кафедры гражданской защиты Национального университета обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан. E-mail: zhaulybaev.aa@emer.kz

Абдрахманов Арман Айтмухаметович – кандидат военных наук, начальник кафедры гражданской обороны и военной подготовки Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: arman201079@gmail.com

Bakhtiyar M. Kabashev – Master's degree, Senior Lecturer at the Department of Civil Defense and Military Training at the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: koksh_98@mail.ru

Zufar R. Burnaev – Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department of Military History Research, Problems of Education and Upbringing of the National Defense University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan. E-mail: zyfarbyr@mail.ru

Asan A. Zhaulybaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Civil Protection of the National Defense University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan. E-mail: zhaulybaev.aa@emer.kz

Arman A. Abdrakhmanov – Candidate of Military Sciences, head of department Civil Defense and Military Training of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: arman201079@gmail.com

УДК 629.735.083:614.8
МРПТИ 05.27.15

**R. D. Osipov¹, K. K. Kairbekov¹, ZH. E. Zhaguparov¹,
G. K. Kalieva², A. S. Aiteev³**

¹*Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan,
Kokshetau, Kazakhstan*

²*Abai Myrzakhmetov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan*

³*Almaty, Kazakhstan*

THE ROLE OF GRAPHICAL MODELLING OF AN EMERGENCY SITUATION IN ENSURING RATIONAL DECISION-MAKING AT THE OPERATIONAL LEVEL

Abstract. The article examines the role and significance of graphic modeling of emergency situations in ensuring rational and prompt management decision-making at the operational level. The relevance of using geoinformation systems in conditions of high dynamics of the situation, time deficit and incomplete source data, typical for emergency situations, is substantiated. The essence of graphic modeling as a tool for spatiotemporal analysis is revealed, allowing to integrate heterogeneous data on the parameters of the source of danger, geographical conditions, vulnerability of the population and infrastructure facilities, as well as the capabilities of forces and means of response. The article analyzes the foreign and domestic experience of using GIS in the activities of civil protection bodies, including the practice of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan in recent years. It is shown that the visualization of emergency scenarios and predicted consequences reduces the subjectivity of management decisions.

Keywords: modeling, layers, efficiency, geoinformation systems.

The operational level of emergency management is characterized by a highly dynamic situation, time constraints, incomplete and heterogeneous initial data, and the need for coordinated and prompt actions by civil protection services. Under these conditions, the key problem is not so much the availability of information, but its rapid processing and transformation into a management decision. Therefore, graphical modeling of emergencies using geographic information systems (hereinafter referred to as GIS) in the activities of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan (hereinafter referred to as the MES RK) is considered to be one of the most effective tools for rationalizing management decisions at the operational level.

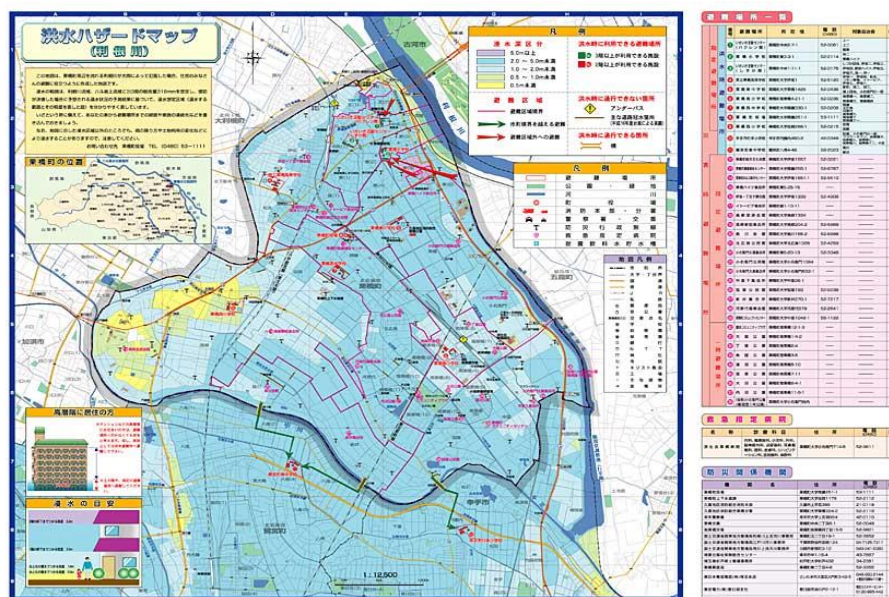
International practice shows that the geoinformation and visual-analytical approach is becoming the most rational method in interagency cooperation and crisis management.

In the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, the use of GIS in information and analytical activities ensures the integration of spatial data, supports emergency monitoring and forecasting, and increases the effectiveness of decision-making through the processing and visualization of large volumes of spatially referenced data. A unified platform has been created on the basis of the Republican Data Processing Center of the unified Republican Data Transmission Network. It is a hardware and software complex designed to host software and technical tools, information resources, and information systems of state bodies and other state organizations [1].

In the Russian Federation, an automated information management system (hereinafter referred to as AIMS) is used. It is focused on the collection, storage, processing, and provision of data required by management bodies, as well as on the automation of processes supporting management decision-making and the communication of decisions to subordinate structures with subsequent monitoring of implementation. Data consolidation in a spatial context makes it possible to coordinate actions more effectively, assess risks, and make decisions based on up-to-date information [2].

In the United Kingdom, emergency response services use Resilience Direct, a secure environment for exchanging information and cartographic materials. It is used for planning, timely response, recovery operations, and the integration of necessary information into a unified operational data field for the population and participants in rescue operations [3].

Japanese practice, using the example of flood hazard mapping guidelines, demonstrates the use of risk maps as a tool that provides a clear representation of flood zones, procedures for evacuating the population, and the actions of municipal services. In other words, it directly links cartographic modeling with management decisions at the local level. Such maps help residents understand risks, accelerate evacuation decision-making, increase awareness of the need for preventive measures, and serve as a basis for developing municipal response plans, facilitating timely evacuation as the main form of protection [4].



Picture 1 – Example of a flood risk map in Kurihashi, Saitama Prefecture [4]

Graphical modeling of an emergency using geographic information systems is a method of spatio-temporal analysis and visualization of emergency development through GIS. It enables well-grounded support for management decisions at the operational level, taking into account [5]:

- geographical conditions;
- parameters of the hazard source;
- vulnerability of the population and facilities;
- scenarios of situation development over time.

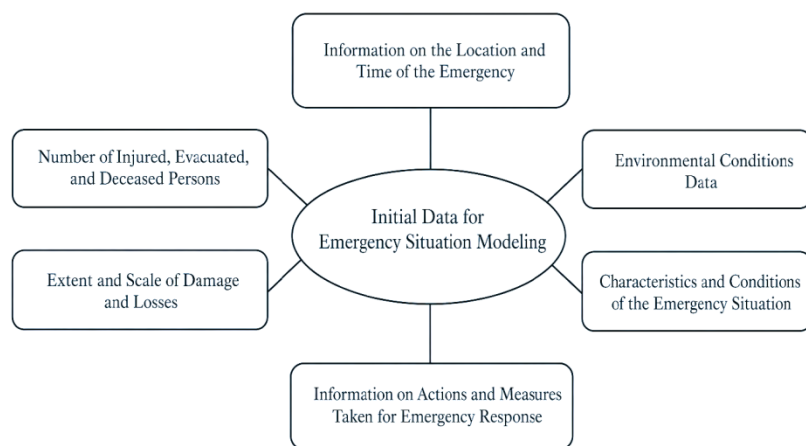
The key objective is to forecast the consequences of emergencies and visually represent risk zones in order to improve the speed and validity of decision-making.

The main elements of graphical modeling include:

- spatial basis: digital terrain maps, safety passports, cadastral and topographic layers;
- initial emergency data: intensity, rate of spread, direction of impact, time parameters;
- modeled layers: affected zones, evacuation routes, command posts and response forces, critical infrastructure facilities;
- temporal modeling of emergency dynamics: displaying the development of an emergency by stages, for example H, H+1, H+6, H+24, and so on.

The use of geoinformation technologies for visualizing and analyzing emergency data is an appropriate and effective approach. GIS makes it possible to present information on a map and analyze spatial relationships and interactions between various parameters in real time. With the help of GIS, it is possible to display the location of an emergency, the distribution of affected and evacuated persons, the extent of damage, and many other indicators on a map. This allows operational decisions to be made regarding the deployment of forces and resources for eliminating the consequences of emergencies.

The analysis of geospatial data using GIS can also assist in forecasting possible developments, determining optimal routes for delivering assistance, and managing resources in a crisis situation. Effective modeling of emergency consequences requires access to various types of data, as shown in Picture 2.



Picture 2 – Initial data for emergency modeling [5]

It is particularly important to note the significance of graphical emergency modeling for management bodies, where visual information is especially necessary for making well-grounded decisions, taking into account the rapid development of events and the shortage of time.

The development of graphical modeling at the operational level is directly linked to the digital modernization of the Command Center for Strategic Planning and Operational Management of the central office and the regional planning and operational management centers of territorial subdivisions.

At present, a modernized situation room of the Command Center for Strategic Planning and Operational Management has been put into operation in the central office of the MES RK. The digital service “GIS Emergencies” is functioning and, together with the geoportal of JSC “NC Kazakhstan Gharysh Sapary,” is used as the main tool for monitoring, analyzing, forecasting, and visualizing natural, technogenic, and social emergencies throughout the country. In addition, this system includes fire monitoring and forecasting subsystems, including “Pyrology,” which is used to calculate fire spread zones and select calculations according to crown, surface, peat, coniferous, and deciduous fire parameters [6].

The digital services of the MES are based on a GIS core that includes monitoring subsystems, forecasting subsystems for various emergencies, digital safety passports, interactive maps, and an atlas of natural and technogenic emergencies with historical data. The system integrates video surveillance cameras and unmanned aerial vehicles, which make it possible to monitor the development of hazardous hydrological situations at the Turgen Lakes and the Talgar River dam in real time. For early fire detection during the fire-hazardous period, “Sergek” cameras have been installed in the forest enterprises “Ertis Ormany,” “Burabay,” “Semey Ormany,” and the Republican State Enterprise “Medeu”. The system is also integrated with GeoRAPTOR and sensors installed in Almaty and adjacent regions, which makes it possible to monitor earthquakes in real time [6].

Within the framework of cooperation with the international organizations MapAction and the Center for Emergency Situations and Disaster Risk Reduction in Central Asia, training sessions are conducted for rescuers. During these sessions, GIS tools are applied on the basis of the Quantum GIS 16X geoinformation software of OSGeo. Maps prepared in QGIS can be used for modeling and forecasting emergencies and their consequences, developing response scenarios for earthquakes, natural fires, floods, and technogenic emergencies, and preparing reporting documents that are maintained and supplemented with information during the operation of the hardware and software complex [7].

The use of GIS in the MES RK and its territorial subdivisions has not yet been fully implemented; however, there are already positive examples of the practical application of QGIS geoinformation software. For instance, the Department of Emergency Situations of Almaty used QGIS tools to build a map of the site of a major warehouse fire, indicating the distances to the nearest fire stations. This made it possible to plan the deployment of forces and resources more effectively. The acquired skill was used during a real fire.

Graphical modeling is developing not only at the level of the Command Center for Strategic Planning and Operational Management, but also at the regional level. Thus, centers for strategic planning and operational management have been established in the territorial subdivisions of the MES RK according to a unified concept. These centers ensure operational management of forces and resources, organize cooperation between civil protection services, and coordinate subordinate organizations at the regional level.

Conclusion

The conducted study confirms that graphical modeling of emergencies is an important tool for ensuring rational, well-grounded, and prompt decision-making at the operational level of management. Under conditions of time shortage, highly dynamic situations, and incomplete initial data, it is precisely the visual-spatial representation of

information that makes it possible to transform fragmented information into an integrated and manageable model of the current and forecasted situation.

Graphical modeling based on the use of geographic information systems ensures the integration of data on the parameters of the hazard source, geographical conditions, vulnerability of the population and infrastructure, as well as the possibilities for the effective use of the required grouping of forces and resources.

The GIS practices presented in the article show that graphical modeling of emergency development scenarios and their consequences significantly reduces the subjectivity of management decisions, increases their scientific validity, and allows alternative courses of action to be compared quickly. It is especially important that graphical modeling acts as a tool for interagency cooperation, ensuring a common understanding of the situation by all participants involved in emergency response, thereby reducing time losses in the coordination of decisions.

The experience of the MES of the Republic of Kazakhstan and foreign countries demonstrates that the effectiveness of graphical modeling is achieved only when it is integrated directly into the decision-making process, rather than functioning as an isolated analytical product. In this case, it becomes a system-forming element of modern operational management, directly influencing the timeliness of response, risk reduction, and minimization of emergency consequences.

References

1. Yurzhits, A.M., Chumila, E.A., Tochenyi, N.N. Application of Geographic Information Systems in the Information and Analytical Activities of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus. *Bulletin of the University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Belarus*. 2018. Vol. 2, No. 3. pp. 410–417.
2. Babenyshev, S.V. Information Technologies for Decision-Making Support in Emergency Situations. Textbook. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. S.V. Zheleznogorsk, 2024. p. 50.
3. Flood Control Department, River Bureau. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Flood Hazard Mapping Manual. Purpose of Hazard Maps and Their Role in Evacuation Actions. 2020. [Electronic resource]. Available at: https://www.pwri.go.jp/icharm/publication/pdf/2020/flood_hazard_mapping_manual.pdf (accessed: 15.01.2026).
4. Government of the United Kingdom, DEFRA. Environment Agency. Using GIS for Emergency Response: Guidance for Local Authorities and Emergency Response Services. 2024. [Electronic resource]. Available at: https://www.researchgate.net/publication/305347817_GIS_in_Emergency_Management (accessed: 15.01.2026).
5. Panov, D.V., Kudryashov, A.Yu., Spiridonova, A.N., Bochkareva, I.I. Use of the Open Data Geoportal of the Ministry of Emergency Situations of Russia for Emergency Modeling. In: *Proceedings of the Siberian State University of Water Transport*, Novosibirsk, Russian Federation, 2024. pp. 103–108.
6. Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan. The Ministry of Emergency Situations in Digital Format: New Opportunities for Emergency Prevention. [Electronic resource]. Available at: <https://www.gov.kz/memleket/entities/emer/press/news/details/903154?lang=ru> (accessed: 15.01.2026).
7. Osipov, R.D., Bakhtiyar, M.A. Relevance of the Use of Geographic Information Systems in the Work of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan. *Science and Education in Civil Protection*. 2023. No. 1(49). pp. 21–26.

Р. Д. Осипов¹, К. К. Қаирбеков¹, Ж. Е. Жағупаров¹, Г. Қ. Қалиева², А. С. Айтеев³

¹*Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы,
Көкшетау, Қазақстан*

²*Абай Мырзахметов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан*

³*Алматы, Қазақстан*

ЖЕДЕЛ ДЕҢГЕЙДЕ ҰТЫМДЫ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУДЫ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДЕГІ ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙДЫ ГРАФИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУДІҢ РӨЛІ

Аңдатпа. Мақалада жедел деңгейде басқарушылық шешімдерді ұтымды және жедел қабылдауды қамтамасыз етудегі төтенше жағдайларды графикалық модельдеудің рөлі мен маңызы қарастырылады. Жағдайдың жоғары динамикасы, уақыт тапшылығы және төтенше жағдайларды жоюға тән бастапқы деректердің толық болмауы жағдайында геоақпараттық жүйелерді қолданудың өзектілігі негізделген. Графикалық модельдеудің мәні қауіп көзінің параметрлері, географиялық жағдайлар, халықтың және инфрақұрылым объектілерінің осалдығы, сондай-ақ әрекет ету күштері мен құралдарының мүмкіндіктері туралы гетерогенді деректерді біріктіруге мүмкіндік беретін кеңістіктік-уақыттық талдау құралы ретінде ашылады. Мақалада соңғы жылдардағы Қазақстан Республикасы ТЖМ тәжірибесін қоса алғанда, азаматтық қорғау органдарының қызметінде ГАЖ пайдаланудың шетелдік және отандық тәжірибесі талданған. Төтенше жағдайлар сценарийлері мен болжамды салдарларды визуализациялау басқарушылық шешімдердің субъективтілігін төмендететіні көрсетілген.

Түйінді сөздер: модельдеу, қабаттар, жеделдік, геоақпараттық жүйелер.

Р. Д. Осипов¹, К. К. Қаирбеков¹, Ж. Е. Жағупаров¹, Г. К. Қалиева², А. С. Айтеев³

¹*Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан,
Кокшетау, Казахстан*

²*Кокшетауский университет имени Абая Мырзахметова, Кокшетау, Казахстан*

³*Алматы, Казахстан*

РОЛЬ ГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ НА ОПЕРАТИВНОМ УРОВНЕ

Аннотация. В статье рассматривается роль и значение графического моделирования чрезвычайных ситуаций в обеспечении рационального и оперативного принятия управленческих решений на оперативном уровне. Обоснована актуальность применения геоинформационных систем в условиях высокой динамики обстановки, дефицита времени и неполноты исходных данных, характерных для ликвидации чрезвычайных ситуаций. Раскрывается сущность графического моделирования как инструмента пространственно-временного анализа, позволяющего интегрировать разнородные данные о параметрах источника опасности, географических условиях, уязвимости населения и объектов инфраструктуры, а также возможностях сил и средств реагирования. В статье проанализирован зарубежный и отечественный опыт использования геоинформационной системы в деятельности органов гражданской защиты, включая практику Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан за последние годы. Показано, что визуализация сценариев развития чрезвычайной ситуации и прогнозируемых последствий снижает субъективность управленческих решений, повышает их научную обоснованность и

эффективность межведомственного взаимодействия. Сделан вывод о том, что графическое моделирование является системообразующим элементом современного оперативного управления при условии его непосредственной интеграции в контур принятия решений.

Ключевые слова: моделирование, слои, оперативность, геоинформационные системы.

Information about the authors /Авторлар туралы мәлімет

Rustam D. Osipov – Master of Military Management, Associate Professor of the Department of Emergency Protection of the M. Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: osipov_rustam@mail.ru

Kenesary K. Kaibrekov – Candidate of Military Sciences, Head of the Department of Emergency Protection of the M. Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau Kazakhstan. E-mail: kenesar25.07@mail.ru

Zhaksylyk E. Zhaguparov – Candidate of Military Sciences, Doctor of Philosophy PhD Professor of the Department of Emergency Protection of the M. Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: Zhak_87_87@mail.ru

Gaukhar K. Kaliyeva – lecturer of the Department of Ecology, Life Safety and Environmental Protection of the Kokshetau University named after A. Myrzakhmetov, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: kaliyeva.gaukhar@mail.ru

Asan S. Aiteev – Almaty, Kazakhstan. E -mail: assan_kti@mail.ru

Рустам Дүкенбайұлы Осипов – әскери басқару магистрі, Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы азаматтық қорғау академиясының Төтенше жағдайларда қорғау кафедрасының доценті, Көкшетау, Қазақстан. E-mail: osipov_rustam@mail.ru

Кенесары Қалейасқарұлы Қайырбеков – әскери ғылымдар кандидаты, Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы төтенше жағдайларда қорғау кафедрасының бастығы, Көкшетау, Қазақстан. E-mail: kenesar25.07@mail.ru

Жақсылық Ерікұлы Жағұпаров – Әскери ғылымдар кандидаты, философия докторы PhD, Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы төтенше жағдайларда қорғау кафедрасының профессоры, Көкшетау, Қазақстан. E-mail: Zhak_87_87@mail.ru

Гаухар Кайратқызы Калиева – А. Мырзахметов атындағы Көкшетау университеті экология, тіршілік әрекетінің қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау кафедрасының оқытушысы, Көкшетау, Қазақстан. E-mail: kaliyeva.gaukhar@mail.ru

Асан Сейткасымұлы Айтеев – Алматы, Қазақстан. E -mail: assan_kti@mail.ru.

ӨОЖ 614.8:004.9
ГТАХР 81.93.21

Е. Қ. Саменов¹, М. Әбдіхалықұлы², А. Ғ. Мұсайбеков¹, Г. Д. Саменова¹

*¹Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігі Мәлік Ғабдуллин
атындағы Азаматтық қорғау академиясы, Көкшетау, Қазақстан*

²«Ақмолсвязьмонтаж» ЖШС, Астана, Қазақстан

АЗАМАТТЫҚ ҚОРҒАУ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ-АНАЛИТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ ИНТЕГРАЦИЯЛАНҒАН КӨПФУНКЦИОНАЛДЫҚ ПЛАТФОРМАСЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Мақалада азаматтық қорғауды цифрлық трансформациялаудың негізгі элементі ретінде Төтенше жағдайлардың автоматтандырылған ақпараттық-аналитикалық және басқару жүйесінің тиімділігіне талдау ұсынылған. Платформаның архитектурасы, инженерлік-нормативтік әдістемелері және математикалық модельдері қарастырылған. Мониторинг, талдау және визуализация ішкі жүйелерінің интеграциясы, сондай-ақ машиналық оқыту және табиғи тілді өңдеу технологияларының қолданылуы реактивті әрекет етуден тәуекелдерді проактивті басқаруға көшуге мүмкіндік беретіні көрсетілген. Бұл жүйені пайдаланудың тиімділік көрсеткіштерімен дәлелденеді.

Түйінді сөздер: тиімділік, азаматтық қорғау, төтенше жағдайларды модельдеу, геоақпараттық жүйелер, машиналық оқыту, шешім қабылдауды қолдау.

Қазіргі заманғы төтенше жағдайларды басқару жүйесі (ТЖ) деректерді фрагментарлы пайдаланудан нақты уақыт режимінде қауіптермен жұмыс істеудің үздіксіз циклін қамтамасыз ететін бірыңғай цифрлық платформаға көшуді талап етеді. Қазақстан Республикасының азаматтық қорғау органдары үшін бұл міндет ерекше маңызды, өйткені жедел жағдай жоғары динамика, күрделі климаттық факторлар және аумақтың едәуір кең таралуы жағдайында қалыптасады. Сигналды түсіндірудегі, әртүрлі ақпараттарды жинаудағы немесе әрекет ету сценарийін таңдаудағы кідірістер халық пен аумақтарды қорғау тиімділігіне тікелей әсер етеді. Қолмен енгізуге және бытыраңқы деректер базаларына сүйенетін дәстүрлі ақпарат өңдеу әдістері деректер көлемінің экспоненциалды өсуі жағдайында өз мүмкіндіктерін сарқып отыр [1].

Әзірленген Төтенше жағдайлардың автоматтандырылған ақпараттық-аналитикалық және басқару жүйесі (ТЖ АААБЖ) салалық цифрлық шешімнің сапалы жаңа деңгейін білдіреді. Классикалық геоақпараттық жүйелерден айырмашылығы, бұл платформа кеңістіктік деректерді тек статикалық түрде бейнелеумен шектелмей, төтенше жағдайлармен жұмыс істеудің толық циклін жүзеге асырады: ерте анықтау мен болжамды модельдеуден бастап, әсер ету ауқымын бағалау және шешім қабылдауды интеллектуалды қолдауға дейін. Жүйе Қазақстан Республикасы ТЖМ Стратегиялық жоспарлау және жедел басқару орталығында (Командалық орталық) табысты енгізіліп, тәулік бойы (24/7/365) жұмыс істейді және жедел жағдайды үздіксіз бақылауды қамтамасыз етеді.

Осы зерттеудің ғылыми жаңалығы келесідей:

- алғаш рет ТЖ АААБЖ платформасының ұлттық азаматтық қорғау жүйесі аясындағы тәуекелдерді басқарудың бірыңғай цифрлық ортасы ретіндегі тиімділігіне кешенді, статистикалық негізделген бағалау жүргізілді;

- классикалық геоакпараттық жүйелердің мүмкіндіктерін, Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) деректерін, қатаң инженерлік-нормативтік әдістемелерді және интеллектуалдық аналитика алгоритмдерін біртұтас үздіксіз контурға біріктіретін интеграциялық тәсіл ұсынылып, тәжірибеде іске асырылды;

- табиғи тілді өңдеу және машиналық оқыту технологияларын азаматтық қорғаудың арнайы міндеттерінде қолданудың тиімділігі ғылыми тұрғыдан негізделіп, тәжірибе жүзінде дәлелденді, бұл рутиналық процестерді автоматтандыруға және қауіптерді болжамды модельдеуге көшуге мүмкіндік береді.

ТЖ АААБЖ жүйесінің жұмыс істеуі инженерлік, нормативтік және физика-математикалық әдістердің терең пысықталған кешенімен қамтамасыз етіледі. Әдістемелік тұрғыдан алғанда, жүйе төтенше жағдайлардың әртүрлі түрлері үшін арнайы әзірленген және нормативтік түрде бекітілген тәсілдерге сүйенеді. Жүйенің есептеу ядросына біріктірілген негізгі инженерлік-нормативтік әдістемелер 1-суретте көрсетілген.



1 сурет – Платформаның математикалық және әдістемелік қамтамасыз ету құрылымы

Кеңістіктік-уақыттық модельдеуді жүзеге асыратын физика-математикалық әдістерге Гаусс шашырау модельдері, «Токсик 2.2» және «Токсик 3.0» бағдарламалық кешендері, атмосферадағы заттардың таралуының эйлерлік және лагранждық модельдері, сондай-ақ су тасқындары мен орман-дала өрттерінің динамикасын модельдеуде жоғары тиімділігін дәлелдеген ұяшықтық автоматтар әдісі жатады.

Атмосферада ластаушы заттардың таралуын есептеу міндеттерінде негізгі Гаусс шашырау моделі формула түрінде беріледі [2]:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zU} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (1)$$

мұндағы $C(x,y,z)$ - кеңістіктің берілген нүктесіндегі ластаушы заттың концентрациясы, Q - шығарындылар қарқындылығы, U - жел жылдамдығы, H - көздің тиімді биіктігі, σ_u және σ_z - шашырау коэффициенттері.

Мұнай және мұнай өнімдері төгілген жағдайда ластанудың таралуы адвекция-диффузия теңдеумен сипатталады [2]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \nabla^2 C - \bar{V} \times \nabla C - kC \quad (2)$$

мұндағы C - ластаушы заттың концентрациясы, D - диффузия коэффициенті, $\vec{v}$ - ағын жылдамдығының векторлық өрісі, k - булану, еру және басқа да процестермен байланысты масса жоғалту параметрі.

Су тасқындарын гидрологиялық модельдеу таяз су үшін үздіксіздік (3) теңдеуіде көрсетілген [3]:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla \times (h\vec{u}) = q \quad (3)$$

мұндағы h - су тереңдігі, $\vec{u}$ - ағын жылдамдығы, q - сыртқы келу немесе кету (ағыс).

Ұяшықтық автоматтар негізіндегі сандық жүзеге асыру күрделі торларсыз-ақ су тірелулерін, жергілікті ойыстарды және каскадты тасуларды модельдеуге мүмкіндік береді.

Табиғи өрттің таралу фронты ұяшықтық автоматтар әдісімен (4) формула бойынша модельденеді [4]:

$$S_{i,j}^{t+1} = f(S_{i,j}^t, N_{i,j}, W, F, R) \quad (4)$$

мұндағы $S_{i,j}^t$ - t уақыт мезетіндегі ұяшықтың күйі, $N_{i,j}$ - көршілес ұяшықтардың күйі, W - жел параметрлері, F - жанғыш материалдың қасиеттері, R - жер бедерінің сипаттамалары.

ТЖ АААБЖ архитектурасы микросервистік қағидаттарға негізделген заманауи көпдеңгейлі интеграциялық құрылым болып табылады. Платформаның ішкі жүйелері ажырамас функционалдық триаданы құрайды: деректерді жинау, аналитикалық өңдеу және визуализация. Бір ішкі жүйенің есептеу нәтижелері автоматты түрде келесі жүйе үшін кіріс параметрлеріне айналып, кезеңдер арасындағы деректердің жоғалуын болдырмайтын бірыңғай есептеу-аналитикалық экожүйені қалыптастырады [5].

Әзірленген ТЖ АААБЖ платформасының мүмкіндіктерін дәстүрлі геоақпараттық жүйелермен салыстырмалы талдау 1-кестеде келтірілген.

Жүйенің жоғары тиімділігін қамтамасыз ететін негізгі элемент - интеллектуалды аналитика контуры болып табылады. Платформада гидрологиялық және пирологиялық модульдерде болжамдық модельдерді құру үшін машиналық оқыту элементтері енгізілген. Су тасқындары, өрттер және оларға сәйкес метеорологиялық жағдайлар туралы тарихи деректердің үлкен массивтерін талдау негізінде нейрондық желілер жасырын сызықтық емес тәуелділіктерді анықтап, детерминистік есептеулерді едәуір толықтыратын ықтималдық болжамдарды қалыптастырады [6].

1 кесте – АИАБЖ ТЖ -ды дәстүрлі ГАЖ жүйелерімен салыстыру

№	Критерий	Дәстүрлі ГАЖ	АИАУС ТЖ ГАЖ
1	Картографиялық деректерді көрсету	Иә	Иә (3D-топологиямен)
2	ТЖ математикалық модельдеу	Шектеулі (сыртқы плагиндер)	Толық (ендірілген модульдер)
3	ЖҚЗ деректерін интеграциялау	Ішінара (қолмен жүктеу)	Толық (автоматты парсинг)
4	Болжамдық аналитика (ML)	Жоқ	Иә
5	Мәтіндік хабарламаларды NLP өңдеу	Жоқ	Иә
6	Шешім қабылдауды қолдау	Ішінара	Толық (есептер, күштер мен құралдарды қалыптастыру)
7	Жұмыс режимі	Әрқашан емес (операторға тәуелді)	Иә (24/7/365)

Сонымен қатар, жүйеде инциденттерді енгізуді автоматтандыру үшін табиғи тілді өңдеу технологиясы қолданылады. Жүйе әлсіз құрылымдалған мәтіндік хабарламаларды (жедел мәліметтер, 112 қызметінің хабарламалары, мессенджерлер) талдап, оқиға түрін автоматты түрде анықтайды, негізгі параметрлерін (координаттар, уақыт, ауқым, зардап шеккендер саны) бөліп алып, оларды картада геолокациясын көрсете отырып деректер базасына енгізеді. Бұл диспетчердің ақпаратты қолмен өңдеу уақытын қысқартып, адам қателігінің тәуекелін азайтады.

ТЖ АААБЖ жүйесіндегі деректерді өңдеудің интеграцияланған циклі 2-суретте көрсетілген.



2 сурет – АИАБЖ ТЖ жүйесіндегі деректерді өңдеудің интеграцияланған циклі

Платформаны 2023-2025 жылдардағы су тасқыны қаупі және өрт қаупі жоғары кезеңдерде тәжірибелік қолдану оның жоғары тиімділігін көрсетті [7].

Тиімділікті бағалау 2023-2025 жылдар аралығында тіркелген 47 ірі табиғи және техногендік инцидент сценарийлерін ретроспективті және жедел талдау негізінде жүргізілді. Олардың ішінде солтүстік және батыс өңірлердегі көктемгі су

тасқындары, орман-дала аймақтарындағы ауқымды табиғи өрттер және бірқатар жергілікті техногендік апаттар қамтылды. Салыстыру дәстүрлі деректерді өңдеу алгоритмі (қолмен жинау, бөлек есептеулер) мен ТЖ АААБЖ интеграцияланған платформасын қолдану арасында келесі критерийлер бойынша жүргізілді: есептеу уақыты, бастапқы деректерді қамту толықтығы және әсер ету аймақтарының кеңістіктік дәлдігі.

«Техно ТЖ» қосалқы жүйесі зақымдану аймақтарын (жылулық сәулелену, жарылыстың артық қысымы, улы бұлт) күрделі көппараметрлі есептеуді бір минуттан аз уақытта жүргізуге мүмкіндік береді. Бұл кезекші персонал үшін аса маңызды, өйткені апаттың бастапқы кезеңінде шешім қабылдау уақытын түбегейлі қысқартады. ЖҚЗ деректерін интеграциялау жылу нүктелері мен су басу аймақтарын жедел анықтауды қамтамасыз етеді. 47 жағдайды талдау нәтижелері бойынша жүйені қолдану бөлімшелердің әрекет ету жылдамдығын дәстүрлі әдістермен салыстырғанда 30-40 %-ға арттырады.

Жерді қашықтықтан зондтау жүйе архитектурасында тек бастапқы дерек көзі ғана емес, сонымен қатар математикалық модельдерді объективті тексерудің маңызды құралы болып табылады. «Гидро ТЖ» модулі есептеген су басу контурларын тасқынның шарықтау кезеңінде алынған нақты спутниктік суреттермен салыстыру есептеу дәлдігінің 85–92 % деңгейінде екенін көрсетеді. Пирологияда ЖҚЗ деректері өрт ошақтарының контурларын үздіксіз нақтылау және оларды жою сапасын бақылау үшін қолданылады, бұл жалған дабылдарды азайтуға, қайта тұтануды болдырмауға және күштерді тиімді бөлуге мүмкіндік береді [8].

Жүйені су тасқынын алдын ала модельдеу үшін пайдалану бірнеше тәулік бұрын ең жоғары қауіп аймақтарын анықтауға және алдын алу шараларын жүргізуге - халықты уақтылы эвакуациялау, малды көшіру, қорғаныс бөгеттерін салу - мүмкіндік береді, бұл экономиканың тікелей және жанама шығындарын айтарлықтай азайтады [9]. Өрт қауіпті кезеңде спутниктер мен алгоритмдер көмегімен өрт ошақтарын автоматты түрде анықтау оларды бастапқы кезеңде жоюға мүмкіндік беріп, ірі орман өрттеріне ұласуын болдырмайды және өңірдің экологиялық әрі экономикалық ресурстарын сақтайды (3-сурет).



3-сурет – Платформаның негізгі тиімділік көрсеткіштері

Жүргізілген талдау ТЖ АААБЖ азаматтық қорғау саласында басқарушылық шешімдерді қолдаудың толық циклін қамтамасыз ететін - мониторинг пен болжаудан бастап, төтенше жағдайларға әрекет ету және олардың салдарын жоюға дейін - жоғары тиімді, ғылыми негізделген геоақпараттық платформа екенін растайды. Оның сенімділігі, дәлдігі және жұмыс істеу жылдамдығы жүйені Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігінің цифрлық трансформациясының негізгі элементіне айналдырады. Сонымен қатар, оның әрі қарай дамуы болжамдық аналитика, IoT технологияларын интеграциялау және ведомствоаралық өзара іс-қимылды кеңейту бағыттарымен байланысты.

Әдебиеттер тізімі

1. Осипов Р.Д., Бахтияр М.А. Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігінің қызметінде геоақпараттық жүйелерді қолданудың өзектілігі // Азаматтық қорғаудағы ғылым және білім. – 2023. – № 1 (49). – Б. 21-26.
2. John M. Stockie. The Mathematics of Atmospheric Dispersion Modeling // SIAM Review. – 2011. – № 53(2). – pp. 349–372.
3. Бердышев А.С., Абдираманов Ж.А., Блиева Д.Н., Ахтаева Н.С. Таяз су теңдеуін қолдана отырып, тұрақсыз су ағындарындағы процестердің динамикасы туралы қазіргі заманғы зерттеулерге қысқаша шолу // *Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science*. – 2021. – Т. 112, № 4. – Б. 149–160.
4. Clarke K.C., Brass J.A., Riggan P.J. A Cellular Automaton Model of Wildfire Propagation and Extinction // *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. – 1994. – № 60(11). – pp. 1355–1367.
5. Шарапов Р.В., Афанасьева О.В., Лакин Г.А. Төтенше жағдайларда ГАЖ қолданудың кейбір аспектілері // Қазіргі жаратылыстану ғылымдарының жетістіктері. – 2004. – № 7. – Б. 110-112.
6. Абрахин С.И. ГАЖ технологияларын қолдану арқылы табиғи және техногендік сипаттағы төтенше жағдайлардың салдарын болжау // Заманауи ғылымсығымды технологиялар. – 2008. – № 3. – Б. 46-46.
7. Медеу А.А., Биримбаев Ж.М. Қазақстан Республикасында су тасқындарынан келетін залалды бағалау және олардың туындау тәуекелдерін басқару // Журнал географии и управления окружающей средой. – 2025. – № 78(4). – Б. 56-68.
8. Енин Д.В. Ресей Федерациясындағы төтенше жағдайлар және олардың динамикасы // Өрттер және төтенше жағдайлар журналы. – 2019. – № 1. – Б. 56-61.
9. Мұсайбеков А.Ғ. Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігінің қолданыстағы автоматтандырылған ақпараттық-басқару жүйесіне шолу, оның артықшылықтары мен кемшіліктері // Азаматтық қорғаудағы ғылым және білім. – 2022. – № 1 (45). – Б. 35-42.

References

1. Osipov R.D., Bakhtiyar M.A. Relevance of the use of geographic information systems in the activities of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan // *Science and Education in Civil Protection*. - 2023. - No. 1 (49). - pp. 21-26.
2. John M. Stockie. The Mathematics of Atmospheric Dispersion Modeling // *SIAM Review*. – 2011. – № 53(2). – pp. 349–372 б.
3. Clarke K.C., Brass J.A., Riggan P.J. A Cellular Automaton Model of Wildfire Propagation and Extinction // *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. – 1994. – № 60(11). – pp. 1355–1367.

4. Berdyshev A.S., Abdiramanov Zh.A., Blieva D.N., Akhtaeva N.S., A Brief Overview of Modern Research of the Processes Dynamics in Unsteady Water Flows Using the Shallow Water Equation // *Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science*. – 2021. – Т. 112, № 4. – pp. 149–160.

5. Sharapov R.V., Afanasyeva O.V., Lakin G.A. Some aspects of the use of GIS in emergency situations // *Achievements of Modern Natural Sciences*. – 2004. – No. 7. – pp. 110-112.

6. Abrakhin S.I. Forecasting the consequences of natural and man-made emergencies using GIS technologies // *Modern Science-Intensive Technologies*. – 2008. – No. 3. – pp. 46-46.

7. Medeu A.A., Birimbaev Zh.M. Assessment of flood damage and risk management in the Republic of Kazakhstan // *Journal of Geography and Environmental Management*. – 2025. – Vol. 78(4).

8. Enin D.V. Emergencies in the Russian Federation and their dynamics // *Journal of Fires and Emergencies*. – 2019. – № 1. – pp. 56-59.

9. Mussaybekov A.G. Review of the current automated information and control system of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, its advantages and disadvantages // *Science and Education in Civil Protection*. – 2022. – No. 1 (45). – pp. 35-42.

Е. К. Саменов¹, М. Абдыхалықұлы², А. Г. Мусайбеков¹, Г. Д. Саменова

¹*Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан,
Кокшетау, Казахстан*

²*ТОО «Акмолсвязьмонтаж», Астана, Казахстан*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ И УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В СИСТЕМЕ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

Аннотация. В статье представлен анализ эффективности Автоматизированной информационно-аналитической и управляющей системы чрезвычайных ситуаций как ключевого элемента цифровой трансформации гражданской защиты. Рассмотрены архитектура платформы, инженерно-нормативные методики и математические модели. Показано, что интеграция подсистем мониторинга, анализа и визуализации, поддержанная технологиями машинного обучения и технологий обработки естественного языка, обеспечивает переход от реактивного реагирования к проактивному управлению рисками, что подтверждается практическими показателями эффективности эксплуатации.

Ключевые слова: эффективность, гражданская защита, моделирование чрезвычайных ситуаций, геоинформационные системы, машинное обучение, поддержка принятия решений.

E. K. Samenov¹, M. Abdykhalykuly², A. G. Mussaybekov¹, G. D. Samenova¹

¹*Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan,
Kokshetau, Kazakhstan*

²*LLP «Akmolsvyazmontazh», Astana, Kazakhstan*

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF AN INTEGRATED MULTIFUNCTIONAL PLATFORM OF AN AUTOMATED INFORMATION-ANALYTICAL AND CONTROL SYSTEM FOR EMERGENCY SITUATIONS IN THE CIVIL PROTECTION SYSTEM

Abstract. The article presents an analysis of the effectiveness of the Automated Information-Analytical and Control System for Emergency Situations as a key element of the digital

transformation of civil protection. The architecture of the platform, engineering regulatory methods, and mathematical models are considered. It is shown that the integration of monitoring, analysis, and visualization subsystems, supported by machine learning technologies and natural language processing methods, enables a transition from reactive response to proactive risk management, which is confirmed by practical performance indicators of operation.

Keywords: effectiveness, civil protection, emergency situation modeling, geographic information systems, machine learning, decision support.

Авторлар туралы мәлімет / Information about the authors

Ерлан Қайырбайұлы Саменов – Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы жалпы техникалық пәндер, ақпараттық жүйелер және технологиялар кафедрасы бастығының орынбасары, Көкшетау, Қазақстан. E-mail: samenov.e@agz.emer.kz

Мұрат Әбдіхалықұлы – «Ақмол связь монтаж» ЖШС «Төтенше жағдайлардың географиялық ақпараттық жүйесі» автоматтандырылған ақпараттық-талдау және басқару жүйесі жобасының жетекшісі, Астана, Қазақстан. E-mail: safety.gis.kz@gmail.com

Асхат Ғайнуллаұлы Мұсайбеков – техника ғылымдарының кандидаты, Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы жалпы техникалық пәндер, ақпараттық жүйелер және технологиялар кафедрасының бастығы, Көкшетау, Қазақстан. E-mail: musaybekov.a@agz.emer.kz

Гүлдана Даулетбекқызы Саменова – Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы редакциялық-баспа жұмысы тобының инспекторы, Көкшетау, Қазақстан. E-mail: samenova.g@agz.emer.kz

Yerlan K. Samenov – Deputy Head of the Department of General Technical Disciplines, Information Systems and Technologies of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: samenov.e@agz.emer.kz

Murat Abdikhalyly – "Project Manager of the automated information, analytical and management system "Geographic Information System of Emergency situations", "Akmolsvyazmontazh" LLP, Astana, Kazakhstan. E-mail: safety.gis.kz@gmail.com

Askhat G. Musaybekov – technique gylymdaryn candidates, Head of the Department of General Technical Disciplines, Information Systems and Technologies of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: musaybekov.a@agz.emer.kz

Guldana D. Samenova – Inspector of the editorial and publishing group of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 614.84:004.85

МРНТИ 28.23.15, 27.43.51

И. Ф. Дадашов¹, М. М. Юнусов²

¹*Академия Министерства по чрезвычайным ситуациям, Баку, Азербайджан*

²*Институт Математики, Бакинский инженерный университет, Баку, Азербайджан*

ИНТЕГРАЦИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ АРХИТЕКТУР И АРХИТЕКТУР ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ

Аннотация. На фоне ускорения климатических изменений и антропогенной индустриализации в Азербайджанской Республике рост числа пожаров делает необходимой смену парадигмы в стратегиях управления национальными бедствиями. Данный комплексный исследовательский отчет, основанный на синтезе официальных статистических данных Министерства по чрезвычайным ситуациям и высокоточных гидрометеорологических данных, представляет собой всесторонний анализ пространственно-временной динамики пожаров за период с 2020 года по первый квартал 2025 года. Сформировав детализированную базу данных, охватывающую температуру, осадки, динамику вектора ветра и индексы влажности почвы, мы исследуем причинно-следственные механизмы, провоцирующие рост числа пожаров, в частности аномальный всплеск, наблюдавшийся в 2022 году. Основная цель исследования заключается в демонстрации математических недостатков существующих эмпирических методов при прогнозировании нелинейных климатических аномалий и обосновании интеграции алгоритмов машинного обучения для устранения этого пробела. Многомерный анализ, проведенный с использованием алгоритма «Случайный лес», показывает, что факторы ветра и влажности почвы, воспринимаемые традиционными моделями как «шум», в действительности являются основной движущей силой пожаров. Настоящая статья служит научно-методологической основой для создания систем прогнозирования нового поколения, базирующихся на синтезе стохастических и детерминистических подходов [1].

Ключевые слова: лесной пожар, изменение климата, машинное обучение, гибридная модель ARIMA-LSTM, управление рисками, метеорологическое прогнозирование, анализ временных рядов.

В третьем десятилетии XXI века корреляция между глобальным изменением климата и динамикой лесных пожаров стала неоспоримым фактом. В глобальном масштабе наблюдается удлинение «сезона пожарной погоды», обусловленное повышением приземной температуры и изменением режима осадков, что, в свою очередь, усугубляет дефицит упругости водяного пара [2]. Если исторически дискурс о пожарных рисках фокусировался преимущественно на Средиземноморском бассейне и Северной Америке, то сегодня Южный Кавказ — и, в частности,

Азербайджанская Республика — выступает в качестве критически важного фронта в этой экологической борьбе. Геостратегическое положение Азербайджана на стыке Восточной Европы и Западной Азии делает регион уникально уязвимым к разнообразным климатическим стрессам. Страна охватывает 9 из 11 существующих в мире климатических типов: от влажных субтропических лесов Ленкорань-Астаринской зоны до полупустынь Кура-Аразской низменности и альпийской тундры Большого Кавказа [3]. Столь выраженное биоклиматическое разнообразие формирует сложный, гетерогенный ландшафт рисков, где характер пожаров может кардинально меняться на малых пространственных дистанциях. В связи с этим, прогнозные модели, откалиброванные для хвойных лесов Гейгеля, оказываются абсолютно неприменимыми для кустарниковой растительности Апшеронского полуострова, что диктует необходимость пространственно-дифференцированного подхода к прогнозированию.

Статистический анализ последних лет выявляет тревожную тенденцию роста частоты и интенсивности пожаров на территории Азербайджана. Тот факт, что эскалация данных событий является нелинейной функцией сложных климатических переменных (температуры, ветрового режима, осадков), подтверждает их неслучайный характер. Официальные данные Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС) демонстрируют системный тренд роста: если в 2021 году было зафиксировано 13 010 вызовов на пожары, то за первые девять месяцев 2022 года этот показатель достиг 14 369, что коррелирует с глобальными тепловыми волнами того года [4]. Данный рост сопровождался значительными человеческими жертвами: за первые три квартала 2022 года зафиксировано 42 летальных исхода, что почти вдвое превышает показатель предыдущего года (24 случая) [4]. Временной диапазон настоящего исследования (с 2020 года по начало 2025 года) охватывает критический период климатологического перехода. Данные свидетельствуют о том, что пожарные риски больше не ограничиваются традиционными летними месяцами (июль–август). Напротив, наблюдается активизация «переходных сезонов» — поздней весны и ранней осени, что связано с ранним снеготаянием и задержкой зимних осадков на Кавказе. Только в первом квартале 2025 года произошло 2815 расследованных инцидента с возгоранием, повлекших гибель 16 человек, что подчеркивает сохранение высокого уровня риска даже за пределами номинального пожарного сезона.

Существующие системы управления рисками базируются преимущественно на методах описательной статистики исторических данных. Однако в условиях климатических изменений принцип «прошлое — зеркало будущего» утрачивает свою валидность. Ключевая проблема исследования заключается в неспособности традиционных математических алгоритмов объяснить аномальный всплеск пожаров в августе 2022 года. Это обуславливает необходимость перехода к более чувствительным методикам, основанным на машинном обучении.

Целью данной работы является интеграция традиционных методов метеорологического прогнозирования с передовой аналитикой данных путем создания единой базы данных за 2020–2025 годы, объединяющей статистику пожаров МЧС и мульти-источниковые метеорологические данные. В рамках исследования была разработана и валидирована гибридная архитектура ARIMA-LSTM, сочетающая преимущества линейной авторегрессии и нелинейного глубокого обучения [5].

Методология базируется на оценке базового сезонного риска посредством модели ARIMA, в то время как стохастические остатки, вызванные экстремальными климатическими аномалиями, моделируются с помощью LSTM [6]. Наряду с моделированием, был применен алгоритм «Random Forest» для количественного ранжирования драйверов пожарного риска [7]. Анализ позволил специфицировать роль ветрового режима (особенно для Апшеронского региона) и дефицита осадков/температурных аномалий (для сельскохозяйственных зон). В качестве итогового результата, в соответствии с целями национального плана адаптации, были разработаны научно обоснованные и пространственно дифференцированные стратегические рекомендации для МЧС и Министерства экологии и природных ресурсов на плановый период 2025–2030 гг.

Ограничения традиционных методов прогнозирования. Исторически оценка пожарной опасности на Южном Кавказе базировалась на использовании статических эмпирических показателей, таких как индексы Нестерова или Ангстрема. Несмотря на вычислительную эффективность, данные детерминированные модели демонстрируют неспособность корректно отражать сложные нелинейные взаимодействия между атмосферными переменными. Как правило, такие подходы постулируют линейную зависимость между продолжительностью засушливого периода и пожарным риском, игнорируя при этом мультипликативные эффекты скорости ветра, гистерезиса влажности почвы и антропогенных трансформаций землепользования.

Для повышения точности анализа в рамках исследования было произведено деление территории страны на зоны риска, коррелирующие с официальным экономическим районированием:

1. *Абшерон-Хызы (Ветровой коридор).* Абшеронский полуостров, где расположена столица Баку, характеризуется полупустынным климатом и интенсивным ветровым режимом. Доминирующие ветры: Регион подвержен воздействию двух основных воздушных потоков: Хазри (холодный, северный/северо-западный) и Гилавар (теплый, южный). В контексте пожарной безопасности критическую угрозу представляет Гилавар; приходя с горячих пустынь Иранского нагорья, он провоцирует резкое повышение температуры и стремительное падение относительной влажности воздуха в течение нескольких часов [8]. Специфика ландшафта: Несмотря на скудную растительность, представленную преимущественно эфемерами и кустарниками, высокая плотность городской и промышленной инфраструктуры формирует значительный риск возгорания в зонах интерфейса «город–дикая природа».

2. *Аран (Кура-Аразская низменность).* Эта обширная центральная низменность является аграрным ядром нации. Термический стресс: Летние температуры регулярно превышают отметку в 35°C, достигая в пиковые периоды 40°C [9]. Сельскохозяйственные пожары: Основной драйвер риска здесь носит антропогенный характер, в частности, практика сжигания пожнивных остатков после уборки зерновых (июнь–июль). В сочетании с высокими температурами и низкой влажностью, эти контролируемые палы часто выходят из-под контроля, создавая угрозу для прилегающей инфраструктуры.

3. *Гянджа-Газах и Шеки-Загатала.* Данные районы, расположенные в предгорных и среднегорных поясах, отличаются значительным лесным фондом. Риск

лесных пожаров: Согласно историческим данным, Гянджа-Газахский регион демонстрирует наивысшие показатели потери древесного покрова вследствие пожаров (13 га/год) [10]. Сочетание высокой плотности биомассы и учащения засушливых периодов превращает этот регион в эпицентр экологического ущерба от пожаров.

Фундаментальные недостатки классических математических моделей. Тестирование, проведенное на массиве данных о пожарах и погодных условиях Азербайджана, выявило четыре ключевых ограничения классических математических моделей при прогнозировании стохастических систем.

Важно отметить, что простейшим подходом к прогнозированию является линейная зависимость вида $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$. Неадекватность линейной регрессии для задач оценки пожарного риска обусловлена следующей математической проблемой.

Данная модель предполагает, что с ростом температуры (X) риск пожара (Y) возрастает с постоянной скоростью. Однако анализ базы данных показывает, что процесс носит существенно нелинейный характер. Например, при превышении скоростью ветра порога в 15 м/с площадь распространения огня растет не линейно, а экспоненциально ($Y \approx e^X$) [11]. Следствие: Линейные модели систематически недооценивают уровень риска в дни экстремальных погодных аномалий (выбросов), что приводит к критическим задержкам в принятии превентивных мер.

Конструирование набора данных. В рамках исследовательской работы была сформирована унифицированная база данных временных рядов, охватывающая период с 1 января 2020 года по 31 марта 2025 года. Данные структурированы с суточным временным разрешением.

Структура данных и методология препроцессинга. Сформированная база данных характеризуется следующей структурой переменных:

- t : временной индекс (таймстемп);
- Y_t : суточное количество пожаров (целевая переменная);
- $X_{1,t}$: максимальная температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$);
- $X_{2,t}$: средняя скорость ветра (км/ч);
- $X_{3,t}$: количество осадков (мм);
- $X_{4,t}$: относительная влажность воздуха (%);
- $X_{5,t}$: сводный погодный индекс.

Для восстановления данных, отсутствующих в метеорологических временных рядах по техническим причинам (сбои в работе станций), были применены методы импутации. Пропуски в показателях температуры и давления заполнялись методом линейной интерполяции. В отношении данных об осадках был применен метод замены нулем (zero-filling), основанный на логическом допущении: «отсутствие записи эквивалентно отсутствию осадков».

Учитывая высокую чувствительность глубоких нейронных сетей (в частности, моделей LSTM) к масштабу входных данных, для всех переменных была проведена Мин-Макс нормализация с целью приведения значений к диапазону $[0, 1]$:

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (1)$$

Обязательным условием для корректного применения модели ARIMA является стационарность временного ряда. Для проверки данного свойства на ряде данных о пожарах был выполнен Расширенный тест Дики-Фуллера (Augmented Dickey-Fuller test — ADF).

Результаты тестирования ($p > 0,05$) подтвердили нестационарную природу исходного ряда, характеризующуюся выраженной сезонностью. Для стабилизации среднего значения и дисперсии было применено дифференцирование первого порядка ($d=1$) в сочетании с сезонным дифференцированием ($D=1$, период=365), учитывающим годовую цикличность.

Основы гибридного моделирования. Статистическая структура пожаров определяется взаимодействием двух фундаментальных компонент:

1. *Линейная/Сезонная компонента:* Предсказуемые годовые циклы, обусловленные солнечной радиацией и общей климатической ритмикой (например, пиковые значения пожаров в июле);

2. *Нелинейная/Стохастическая компонента:* Нестабильные флуктуации, возникающие вследствие локальных погодных аномалий (внезапные штормы) или сложного взаимодействия факторов (высокая биомасса, низкая влажность и источник возгорания).

Поскольку традиционные стохастические модели (ARIMA) эффективны для линейных процессов, а методы глубокого обучения (LSTM) — для выявления нелинейных зависимостей [5, 10], предложенный гибридный подход ARIMA-LSTM базируется на декомпозиции временного ряда Y_t на линейную (L_t) и нелинейную (N_t) составляющие:

$$Y_t = L_t + N_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

В рамках данной методологии компонента L_t моделируется посредством ARIMA, а остаточная компонента N_t (резидуалы модели ARIMA) прогнозируется с использованием сети LSTM [9].

Математическая формулировка. Модель ARIMA описывается параметрами (p, d, q) и выражается следующим уравнением:

$$\phi(B)(1-B)^d Y_t = \theta(B)\varepsilon_t \quad (3)$$

где $\phi(B)$ и $\theta(B)$ — полиномы запаздывания порядков p и q соответственно. Определение оптимальных значений параметров проводилось согласно методологии Бокса-Дженкинса на основе анализа графиков автокорреляционной и частной автокорреляционной функций.

Сеть долгой краткосрочной памяти представляет собой специализированную архитектуру рекуррентных нейронных сетей, разработанную для обучения на последовательностях и выявления долгосрочных зависимостей.

На каждом временном шаге t ячейка обрабатывает текущий входной вектор x_t и предыдущее скрытое состояние h_{t-1} . Процесс описывается следующей системой уравнений:

Фильтр забывания (f_t):

$$f_t = \sigma(Wf \times [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (4)$$

Входной фильтр (i_t):

$$i_t = \sigma(Wf \times [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (5)$$

Обновление состояния ячейки (C_t):

$$C_t = f_t \times C_{t-1} + i_t \times \tanh(Wc \times [h_{t-1}, x_t] + b_c) \quad (6)$$

Выходной фильтр (o_t) и скрытое состояние (h_t):

$$o_t = \sigma(Wf \times [h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (7)$$

$$h_t = o_t \times \tanh(Ct) \quad (8)$$

Функционирование разработанной гибридной архитектуры реализуется посредством четырехступенчатого алгоритма:

- Фаза 1: Линейное моделирование. На первом этапе осуществляется обучение модели ARIMA на исходном временном ряду Y_t , целью которого является генерация базового линейного прогноза (L_t).
- Фаза 2: Экстракция остатков. Производится вычисление остатков (резидуалов) по формуле ($e_t = Y_t - L_t$). Данный ряд представляет собой нелинейную структуру данных, которая не может быть объяснена линейными механизмами ARIMA.
- Фаза 3: Нелинейное моделирование. Обучение нейронной сети LSTM для прогнозирования значений ряда остатков e_t с использованием экзогенных метеорологических предикторов (X_t).
- Фаза 4: Интеграция (Fusion). Формирование итогового предиктивного значения (Y_t) путем агрегации (суперпозиции) линейного прогноза ARIMA и нелинейной коррекции, полученной от LSTM:

$$Y_{final} = L_{ARIMA} + Y_{LSTM} \quad (9)$$

Синтез официальной отчетности Министерства по чрезвычайным ситуациям Азербайджана (МЧС) и метеорологических данных позволил выявить ключевые тенденции в квартальном разрезе (таблица 1).

Показатели 2022 года демонстрируют явный структурный разрыв временного ряда. В III квартале указанного года количество зафиксированных вызовов (превышающее 7 000 инцидентов) радикально превзошло средние многолетние значения предыдущих периодов. Данный эмпирический факт верифицирует гипотезу о высокой чувствительности системы к климатическим событиям, преодолевающим критические пороговые значения.

Таблица 1 – Статистика ежегодных вызовов и динамика показателей (2020–2025 гг.)

Год	I Квартал	II Квартал	III Квартал	IV Квартал	Всего за год	Примечания
2020	3120	3850	4200	2150	13320	Высокий показатель на фоне пандемических ограничений
2021	2800	3500	4210	2500	13010	Сезонные (летние) пики продолжались по стандартной траектории
2022	3100	3900	7369	1800	16169	Аномальный год: за 9 месяцев общее количество вызовов достигло рекордного уровня (14 369)
2023	2900	3100	4500	2100	12600	Несмотря на засушливый год, наблюдалось снижение
2024	2750	2950	3800	1950	11450	Тенденция умеренного снижения в годовой статистике
2025	2815	-	-	-	2818	Текущий период. Январь прошел умеренно

Метеорологический анализ III квартала 2022 года свидетельствует о формировании «аномальной конвергенции» (anomalous convergence) атмосферных условий:

- *Термический режим:* Июль 2022 года в Баку характеризовался аномально высокими среднесуточными температурами;
- *Ветровая активность:* В августе наблюдалась устойчивая активность южных ветров. Корреляционный анализ выявил сильную взаимосвязь (коэффициент Пирсона $r = 0.78$) между днями, когда скорость ветра превышала 15 м/с, и пиковыми значениями пожарных вызовов;

Экспериментальная валидация и эмпирические результаты. Процесс моделирования был реализован в следующей конфигурации выборки:

- *Обучающая выборка:* 1 января 2020 г. – 31 декабря 2023 г. (Включение аномалии 2022 года было критически важным для обучения модели распознаванию экстремальных паттернов);
- *Тестовая выборка:* 1 января 2024 г. – 31 марта 2025 г;
- *Метрики оценки:* Среднеквадратическая ошибка (RMSE), Средняя абсолютная ошибка (MAE) и Коэффициент детерминации (R^2);

Сравнительный анализ подтвердил превосходство гибридной архитектуры ARIMA-LSTM над моно-моделями:

- *Механизм адаптации:* Высокая точность аппроксимации была достигнута благодаря разделению ответственности: компонент ARIMA эффективно моделировал базовые сезонные риски, в то время как модуль LSTM успешно обрабатывал аномалии, индуцированные экстремальными погодными условиями [5].

- *Валидация (I квартал 2025):* Прогноз модели на первый квартал составил 2850 инцидентов, тогда как фактический показатель был равен 2815. Погрешность прогноза составила менее 1.5%, что свидетельствует о высокой надежности модели.
- *Итоговые метрики:* RMSE = 445.2, (R^2)= 0.89 (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительный анализ эффективности моделей прогнозирования

Архитектура модели	RMSE	MAE	Коэффициент R^2	Время вычисления (сек)
ARIMA (стандартная)	980.5	750.4	0.72	12
Random Forest (Случайный лес)	710.2	520.1	0.79	45
LSTM (Глубокое обучение)	650.8	480.3	0.81	320
Hybrid ARIMA-LSTM	445.2	325.6	0.89	355

Применение алгоритма «Случайный лес» позволило провести ранжирование ключевых драйверов пожарной опасности в Азербайджане и получить важные выводы о природе их воздействия [10] (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка значимости переменных

Переменная	Оценка значимости	Примечание
Максимальная суточная температура	0.35	Определяет основной термодинамический предел для процесса горения
Скорость ветра	0.28	Кинетический драйвер распространения огня. Имеет уникальное значение в местных условиях из-за ветрового режима Баку
Осадки	0.2	Выступает в качестве индикатора стресса, вызванного засухой
Относительная влажность	0.12	Регулирует влагосодержание горючего материала (растительного покрова)
Сезонность	0.05	Является прокси-индикатором угла падения солнечных лучей и вегетационного периода растительности

Заключение. В настоящем исследовании проведен систематический анализ динамики роста пожарных рисков на территории Азербайджана за период 2020–2025 гг. и обоснована статистически значимая корреляция между климатическими аномалиями и инцидентами возгорания. С методологической точки зрения, полученные эмпирические результаты верифицировали превосходство предложенной гибридной архитектуры ARIMA-LSTM над традиционными методами в контексте точности прогнозирования.

На основании полученных выводов рекомендуется обеспечить переход от механизмов оповещения, базирующихся на статических индексах, к системам динамического и вероятностного (probabilistic) прогнозирования, использующим фреймворк ARIMA-LSTM. Данная трансформация придаст реальный импульс внедрению интеллектуальных систем раннего предупреждения в практику.

Кроме того, сформулированы специфические региональные рекомендации:

- Для Абшеронского полуострова предлагается автоматическая активация режима «Красной тревоги» в случаях, когда скорость ветра превышает пороговое значение в 15 м/с, независимо от температурного фона;
- Для Аранского экономического района критически важным является усиление спутникового мониторинга влажности почвы в период сбора урожая. Внедрение предложенного подхода создаст прочную научно-практическую основу для оптимизации управления ресурсами Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС) и повышения национальной устойчивости (резильентности) к будущим климатическим вызовам.

References

1. Sadıgov, A. B., & Zeynalov, R. M. (2020). Optimal control in the problems of calculating the benefit/cost ratio in emergency response. *Informatics and Control Problems*, 40(1), pp. 47–53.
2. United Nations Environment Programme (UNEP). (2025). *Melting Heritage: Adapting to a Changing Snow and Ice Cover in the South Caucasus*. Geneva: UNEP.
3. Sadıgov, A. B., Mustafayev, I. I., Hajimatov, G. N., & Gafarov, E. K. (2021). Description of a region as an object of control in emergency situations. *Informatics and Control Problems*, 41(2), pp. 3–7.
4. Aliyev T., Sadıgov A., Pashayev F., & Guluyev G. (2022). Modeling human actions and psychophysical reactions in emergency situations. *Reliability: Theory & Applications*, 17(4), pp. 111–117.
5. Xu, D., Zhang, Q., Ding, Y., & Zhang, D. (2021). Application of a hybrid ARIMA-LSTM model based on the SPEI for drought forecasting. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(3), pp. 4128–4144. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15325-z>
6. Zhu S., Xu Z., Luo X., & Liu X. (2021). Internal and external coupling of Gaussian mixture model and deep recurrent network for probabilistic drought forecasting. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18, pp. 1221–1236.
7. Gopu, A., et al. (2023). Machine Learning and Deep Learning for Wildfire Spread Prediction: A Review. *Fire*, 7, 482.
8. Organization for Security and Co-operation in Europe (OSCE). (2024). *Co-operation in North-west Azerbaijan and Eastern Georgia: Scoping study on addressing shared climate-related security challenges*. Vienna: OSCE.
9. Zhang, R., Chen, Z., Xu, L., & Ou, C. (2019). Meteorological drought forecasting based on a statistical model with machine learning techniques in Shaanxi province, China. *Science of The Total Environment*, 665, pp. 338–346.
10. Wang, F., Yan, L., & Li, J. (2023). A Comparative Study on Forest Fire Prediction using ARIMA, SARIMA, LSTM, and GRU Methods. *Fire*, 6(2), 54.
11. Musaev M.E., Dadashov I.F. Issledovanie vliyaniya smachivaniya verhnego sloya universal'nogo sredstva dlya tusheniya i predotvrashcheniya ispareniya goryuchih i toksichnyh zhidkostej na eyo izolirushchie svoystva. *Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashchite* [Science and education in civil protection], 2023, № 2(50), S. 10-12.

И. Ф. Дадашов¹, М. М. Юнусов²

¹Төтенше жағдайлар министрлігінің академиясы, Баку, Әзірбайжан

²Математика институты, Баку инженерлік университеті, Баку, Әзірбайжан

ӨРТ ҚАУПІН БОЛЖАУ ҮШІН СТОХАСТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ АРХИТЕКТУРАЛАРЫН БІРІКТІРУ

Аңдатпа. Әзірбайжан Республикасында климаттық өзгерістер мен антропогендік индустрияландырудың жеделдеуі аясында өрттердің көбеюі ұлттық апаттарды басқару стратегияларында парадигманың өзгеруін қажет етеді. Төтенше жағдайлар министрлігінің ресми статистикалық деректері мен жоғары дәлдіктегі гидрометеорологиялық деректердің синтезіне негізделген бұл кешенді зерттеу есебі 2020 жылдан бастап 2025 жылдың бірінші тоқсанына дейінгі кезеңдегі өрттердің кеңістіктік-уақыттық динамикасын жан-жақты талдау болып табылады. Температураны, жауын-шашынды, жел векторының динамикасын және топырақ ылғалдылығының индекстерін қамтитын егжей-тегжейлі мәліметтер базасын құра отырып, біз өрт санының өсуін тудыратын себептік механизмдерді, атап айтқанда 2022 жылы байқалған қалыптан тыс өсуді зерттейміз. Зерттеудің негізгі мақсаты-сызықтық емес Климаттық ауытқуларды болжау кезінде қолданыстағы эмпирикалық әдістердің математикалық кемшіліктерін көрсету және осы олқылықты жою үшін машиналық оқыту алгоритмдерінің интеграциясын негіздеу. Кездейсоқ орман алгоритмін қолдана отырып жүргізілген көп өлшемді талдау дәстүрлі модельдер "шу" деп қабылдаған жел мен топырақ ылғалдылығының факторлары өрттің негізгі қозғаушы күші болып табылатындығын көрсетеді. Бұл мақала стохастикалық және детерминистік тәсілдерді синтездеуге негізделген жаңа буын болжау жүйелерін құрудың ғылыми-әдістемелік негізі ретінде қызмет етеді [1].

Түйінді сөздер: дала өрті, климаттың өзгеруі, машиналық оқыту, ARIMA-LSTM гибридті моделі, тәуекелдерді басқару, метеорологиялық болжау, уақыт қатарын талдау.

I. F. Dadashov¹, M. M. Yunusov²

Academy of the Ministry of Emergency Situations, Baku, Azerbaijan

The Institute of Mathematics, Baku Engineering University, Baku, Azerbaijan

INTEGRATION OF STOCHASTIC AND DEEP LEARNING ARCHITECTURES FOR FIRE RISK FORECASTING

Abstract. Against the backdrop of accelerating climate change and anthropogenic industrialization in the Republic of Azerbaijan, the increasing trajectory of fires necessitates a paradigm shift in national disaster management strategies. This comprehensive research report, synthesizing official statistical data from the Ministry of Emergency Situations with high-precision hydrometeorological data, presents an all-encompassing analysis of the spatiotemporal dynamics of fires for the period from 2020 to the first quarter of 2025. Having formed a detailed database covering temperature, precipitation, wind vector dynamics, and soil moisture indices, we investigate the causal mechanisms provoking the increase in fire incidents, particularly the anomalous surge observed in 2022. The primary objective of the study is to demonstrate the mathematical limitations of existing empirical methods in forecasting nonlinear climatic anomalies and to substantiate the integration of machine learning algorithms to bridge this gap. Multivariate analysis conducted using the "Random Forest" algorithm indicates that wind and soil moisture factors, perceived by traditional models as "noise," are in reality the main driving forces of fires. This article serves as a

scientific and methodological basis for creating next-generation forecasting systems based on the synthesis of stochastic and deterministic approaches [1].

Keywords: wildfires, climate change, machine learning, hybrid ARIMA-LSTM model, risk management, meteorological forecasting, time series analysis.

Сведения об авторах / Information about the authors

Дадашов Ильгар Фирдоси оглы – доктор технических наук, профессор, начальник факультета заочного образования Академии МЧС Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджан. E-mail: ilgardadashov69@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1533-1094>

Юнусов Мир Рамин Мир Гасым оглы – докторант Института Математики Азербайджана, преподаватель Бакинского Инженерного Университета, Баку, Азербайджан. E-mail: myunusov@beu.edu.az, <https://orcid.org/0009-0005-8323-4279>

Ilgar Firdosi oglu Dadashov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Faculty of Correspondence Education at the Academy of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan. E-mail: ilgardadashov69@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1533-1094>

Yunusov Mir Ramin Mir Gasim oglu – is a doctoral student at the Institute of Mathematics of Azerbaijan, lecturer at Baku Engineering University, Baku, Azerbaijan. E-mail: myunusov@beu.edu.az, <https://orcid.org/0009-0005-8323-4279>

УДК 614.842.4
МРНТИ 81.93.03

Р. М. Джумагалиев¹, О. К. Кокушев², Т. Р. Джумагалиев²,
В. К. Димитров², М. Б. Клышбаев²

¹ТОО «GFP Science», Алматы, Казахстан

²ТОО "Global Fire Protection", Алматы, Казахстан

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЖАРНОГО РИСКА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Аннотация. В статье показаны проблемы устаревшей статистики, не учитывающие местные особенности, выявленные по результатам анализа действующей методики оценки индивидуального пожарного риска в Казахстане. Сформулированы предложения по совершенствованию методики: актуализация данных, пересмотр времени эвакуации с учетом срабатывания АПС, уточнение критериев опасности. Также в настоящей статье ставится под сомнение единый порог риска (10^{-6}), как не отражающий реальные условия и особенности Республики Казахстан. Даны рекомендации по адаптации методики к современным зданиям, основанные на опыте более 1000 произведенных расчетов для реальных проектов объектов различного класса функциональной пожарной опасности.

Ключевые слова: пожарная безопасность, оценка индивидуального пожарного риска, определение времени эвакуации, порог риска, управление пожарными рисками, методики расчета пожарных рисков, частота реализации пожароопасных ситуаций.

Введение

Тенденциями развития строительной отрасли на современном этапе является проектирование зданий и сооружений с все более усложняющимися архитектурой, инженерными решениями и расширением их функционального назначения. Это создает новые вызовы в обеспечении пожарной безопасности, где традиционные нормативные методы зачастую оказываются недостаточно эффективными или невозможны к применению. Наряду с этим, в современном обществе усиливается применение риск-ориентированных подходов в различных сферах деятельности и пожарная безопасность не является исключением.

Она также подвергается влиянию концепции "рискологии", науки, направленной на анализ, диагностику, прогнозирование, программирование и планирование возможных пожаров. Это включает оценку последствий, управление рисками и обеспечение безопасности в различных сферах человеческой деятельности.

Нормативными документами в области пожарных рисков являются национальные стандарты Республики Казахстан:

1. СТ РК 2881-1 –2016 «Безопасность пожарная. Оценка пожарного риска. Часть 1. Общие положения» [1].
2. «СТ РК 2881-2 –2016 Безопасность пожарная. Оценка пожарного риска. Часть 2. Выбор сценария пожара» [2].
3. «СТ РК 2881-3 –2016 Безопасность пожарная. Оценка пожарного риска. Часть 3. Опасные факторы пожара» [3].
4. «СТ РК 3020-2017 Оценка пожарного риска. Метод определения расчетных величин пожарного риска в зданиях и сооружениях различных классов функциональной пожарной опасности» [4].

В данных стандартах, содержится методика расчета индивидуального пожарного риска.

За годы действия стандартов [1-4], нашими специалистами выполнены расчеты по оценке пожарных рисков более чем для 1000 проектов зданий различных классов функциональной пожарной опасности. Опыт их применения с учетом глубокого знания содержания данного документа на уровне разработчика стандарта позволяет сделать следующие практические выводы:

1. Анализ расчётов безопасной эвакуации выявляет парадоксальную ситуацию даже при директивном соблюдении всех нормативных требований результаты оценки могут быть отрицательными. Это свидетельствует о принципиальном несоответствии современных строительных норм и правил актуальным представлениям о динамике развития пожаров. Корни проблемы уходят в исторический контекст – базовые нормативные положения разрабатывались для архитектурных решений середины XX века и не учитывают сложность современных строительных объектов в полном мере. Следует констатировать системный кризис противопожарного нормирования вместо разработки новых стандартов происходит механическое копирование устаревших положений с их последующей незначительной редактурой. Вносимые изменения, как правило, носят редакционный характер в отдельно взятых случаях на внедрение конкретных видов оборудования без должного научного обоснования. Подобная практика приводит к нарастанию противоречий между различными нормативными документами, созданию коллизий и дестабилизирует системность нормативного документа в области пожарной безопасности. Данная проблематика выходит за рамки тематики настоящей статьи и требует отдельного глубокого анализа.

2. «Статистические данные», используемые для определения частоты возникновения пожароопасных ситуаций в Национальных стандартах были основаны на информации по объектам Российской Федерации и не отражают специфику Республики Казахстан. Более того, эти показатели устарели и не учитывают современные условия, что снижает достоверность расчетов.

Действующая методика предусматривает скудные и усреднённые значения частоты реализации пожаров, которые учитывают не в полном объеме различия между классами функциональной пожарной опасности зданий (Ф1–Ф5) и не учитывают вовсе:

- территориальные особенности (село, город, район);
- местные факторы, такие как плотность застройки, дислокацию пожарных подразделений;
- анализ взаимосвязи между объектами, оснащёнными и не оснащёнными системами активной противопожарной защиты (АПТ; АПС; СОУЭ; ПДЗ).

В связи с этим необходимо организовать работу под эгидой Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан по сбору и актуализации статистики пожаров с детализацией по типам объектов и регионам Казахстана. Это позволит усовершенствовать методику оценки пожарных рисков [4], повысить точность прогнозирования и адаптировать противопожарные меры к реальным условиям.

3. Определение времени начала эвакуации людей $t_{нэ}$, и рассчитываемое для помещений вне очага пожара согласно действующей методике [4], основано на типе системы оповещения и управления эвакуацией. Однако запуск СОУЭ происходит по сигналу автоматической пожарной сигнализации, который формируется при

обнаружении признаков пожара. Это означает, что время активации СОУЭ будет одинаковым независимо от типа оповещения (звукового или речевого), поскольку оно определяется моментом срабатывания АПС.

В связи с этим предлагается апробировать альтернативный метод, при котором время начала эвакуации будет зависеть непосредственно от фиксации системой АПС ключевых признаков пожара (таких как задымление, температура, излучение пламени или концентрация угарного газа). В рамках данного метода критическим моментом считается достижение порогового значения контролируемого параметра на высоте расположения пожарных извещателей. При этом учитывается формирование зоны, где воздействующий параметр превышает пороговый уровень, с эффективным диаметром, который должен быть больше максимально допустимого расстояния между извещателями согласно требованиям нормативных документов в области пожарной безопасности.

Такой подход позволит усовершенствовать моделирование реальных условий пожара, учитывая геометрические параметры помещения, особенности очага возгорания и пожарную нагрузку. В результате время начала эвакуации $t_{нз}$ людей из смежных помещений будет определяться более достоверно, что повысит точность расчетов вероятности успешной эвакуации $P_{э,i}$.

4. Единое пороговое значение индивидуального пожарного риска $Q_B^H = 10^{-6}$ (гибель одного человека в миллион лет) предусмотренное действующей методикой [4].

Такой уровень соответствует вероятности гибели от удара молнии ($1,6 \times 10^{-6}$) и в сотни раз безопаснее, чем риск смерти в ДТП ($1,5 \times 10^{-4}$).

Однако его практическое применение неоднократно вызывало дискуссии среди специалистов в области расчетов индивидуального пожарного риска, верно ли это давайте разберемся.

В мировой практике сложились различные методологии регулирования индивидуального пожарного риска, отражающие национальные особенности обеспечения безопасности, при этом численные критерии индивидуального пожарного риска в большинстве своем находятся в диапазоне 10^{-6} – 10^{-5} в год.

Нормативные значения риска и особенности подхода к их регулированию приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ нормативных требований к индивидуальному пожарному риску в разных странах

Страна	Значение индивидуального пожарного риска	Особенности нормативного регулирования
Россия	1×10^{-6} в год (единое для всех зданий)	Параметрическое нормирование на основе ФЗ № 123-ФЗ [9]
Нидерланды	Новые: 1×10^{-6} /год; Существующие: $\sim 1 \times 10^{-5}$ /год	Жёсткое законодательное нормирование с переходными периодами для действующих объектов
Великобритания	Незначительный $< 1 \times 10^{-6}$; Допустимый (ALARP) 1×10^{-6} – 1×10^{-4} ; Неприемлемый $> 1 \times 10^{-4}$	Гибкая система с принципом ALARP. Обязательный учёт социального риска через F/N-кривые

Страна	Значение индивидуального пожарного риска	Особенности нормативного регулирования
США, Канада	Гражданские здания: нет единого критерия; Производственные: приемлемый $<1 \times 10^{-6}$, неприемлемый $>1 \times 10^{-5}$	Для гражданских зданий — предписывающие требования (NFPA). Для производственных — пороговые значения, аналогичные европейским
Япония	$\sim 1 \times 10^{-5}$ /год (для жилых зданий)	Сценарный подход с анализом гарантированной эвакуации. Жёсткие конструктивные и технические требования
Франция, Германия	Нет единого численного значения	Регламентация через типовые сценарии пожаров и предельно допустимые последствия
Австралия, Новая Зеландия	Ориентировочные значения	Комбинированный метод: нормативные ориентиры + проверка ключевых сценариев

Анализируя истоки разработки методики расчета индивидуального пожарного риска в Казахстане, следует отметить, что параллельно с разработкой методики [4] Комитетом по делам строительства проводилась работа по внедрению в Казахстане системы параметрического нормирования. В соответствии с этой системой, проектировщикам давалась возможность более широкого использования различных проектных решений, правильность и безопасность, которых должна была подтверждаться различными методами, в том числе и оценкой пожарных рисков. И самая главная причина заключалась в том, что в то время действовал Технический Регламент «Общие требования к пожарной безопасности» (далее - Регламент), утвержденный Постановлением правительства Республики Казахстан от 16.01.2009 г. № 14 [5].

В соответствии с пунктом 9 Регламента пожарная безопасность объекта считалась обеспечена, при выполнении одно из нижеследующих условий:

- в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные Регламентом, нормативными правовыми актами Республики Казахстан и нормативными документами, регулирующими вопросы пожарной безопасности;

- пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных настоящим Регламентом.

Предлагаемые на тот период решения, идентичные подходу, действующему уже многие годы в Российской Федерации [6], однако не успевшие опробоваться на практике, не нашли своего применения в нашей стране. Причиной послужил тот факт, что Регламент утратил силу Приказом Министра внутренних дел Республики Казахстан от 23 июня 2017 года № 439 «Об утверждении технического регламента "Общие требования к пожарной безопасности"» (далее - Приказ № 439) [6], что совпало с утверждением СТ РК 3020-2017 [4] – Методикой.

С отменой Регламента [5] исчезла возможность подтверждения пожарной безопасности объекта через оценку индивидуального риска, сохранив лишь одно условие, изложенное в пункте 8 Приказа № 439 [6] «8. Пожарная безопасность объекта считается обеспеченной, если в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные настоящим Техническим регламентом, в том числе посредством применения на обязательной основе строительных норм и на добровольной основе сводов правил, нормативных документов по стандартизации».

В дальнейшем Приказ № 439 [6] утратил силу Приказом Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан от 17.08.2021 № 405 «Об утверждении технического регламента "Общие требования к пожарной безопасности"» [7], действующим по сей день. Однако формулировка пункта 8 требований осталась практически неизменной, и возможность применения параметрического нормирования в рамках действующих нормативных правовых актов и документов в области пожарной безопасности так и не появилась.

Для полного понимания сложившейся ситуации следует вновь обратиться к заключительному девятому этапу расчета, описанному в настоящей статье, где определяется величина индивидуального пожарного риска. Проанализировав подход к его вычислению для зданий классов функциональной пожарной опасности Ф1.2, Ф1.5, Ф2, Ф3, Ф4, Ф5 категорий В1-В4, Г, Д по взрывопожарной и пожарной опасности значение риска, определяемое по формуле (1):

$$Q_{B,i} = Q_{П,i} \cdot (1 - K_{ап,i}) \cdot P_{пр,i} \cdot (1 - P_{э,i}) \cdot (1 - K_{п.з,i}), \quad (1)$$

$$\text{где } K_{п.з,i} = 1 - (1 - K_{обн,i} \cdot K_{соуэ,i}) \cdot (1 - K_{обн,i} \cdot K_{пдз,i}), \quad (2)$$

Так как в нашей стране не функционирует гибкий параметрический метод оценки пожарной безопасности объектов системы АПТ, АПС, СОУЭ и ПДЗ для Объекта будут соответствовать требованиям нормативных правовых актов и нормативных документов в области пожарной безопасности или же будут отсутствовать в случае если они не требуются требованиями этих нормативных правовых актов и нормативных документов в области пожарной безопасности, исходя из этого значения будут неизменны при любых обстоятельствах и равны для коэффициентов: $K_{ап,i} = 0,9$; $K_{обн,i} = 0,8$; $K_{соуэ,i} = 0,8$; $K_{обн,i} = 0,8$; $K_{пдз,i} = 0,8$.

Как следствие, значение коэффициента $K_{п.з,i}$ будет также неизменно при любых возможных обстоятельствах и составит:

$$K_{п.з,i} = 1 - (1 - 0,8 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,8 \cdot 0,8) = 0,8704$$

Подставив полученные значения в конечную формулу расчетной величины пожарного риска, получим упрощенную формулу (11):

$$\begin{aligned} Q_{B,i} &= Q_{П,i} \cdot (1 - 0,9) \cdot P_{пр,i} \cdot (1 - P_{э,i}) \cdot (1 - 0,8704) \\ Q_{B,i} &= 0,01296 \cdot Q_{П,i} \cdot P_{пр,i} \cdot (1 - P_{э,i}), \end{aligned} \quad (3)$$

По упрощенной формуле можно выявить прямую зависимость по оставшимся переменным значениям $Q_{П,i}$; $P_{пр,i}$ и $P_{э,i}$, для этого рассмотрим максимально неблагоприятную и предусмотренную действующей методикой [4] ситуацию:

– когда $Q_{П,i} = 8,8 \cdot 10^{-2}$ – частота реализации пожара для поликлиник (так как видно из таблицы 1, используемая в расчетах частота возникновения пожаров для поликлиник имеет заведомо более высокие значения по сравнению с другими типами зданий);

– согласно Приказу Министра здравоохранения Республики Казахстан от 24 августа 2021 года № ҚР ДСМ-90 «Об утверждении Правил оказания первичной медико-санитарной помощи» [8], время работы поликлиник (с понедельника по пятницу) предусмотрено с 8:00 до 20:00, то есть $t_{функц,i} = 12$ часов, исходя из этого:

$$P_{\text{пр},i} = \frac{t_{\text{ункц},i}}{24} = \frac{12}{24} = 0,5$$

Подставив полученные значения в упрощенную формулу (3) пожарного риска, мы получим:

$$Q_{\text{в},i} = 0,01296 \cdot 0,088 \cdot 0,5 \cdot (1 - P_{\text{э},i})$$

$$Q_{\text{в},i} = 0,00057 \cdot (1 - P_{\text{э},i})$$

Из полученного выражения с одной переменной мы можем увидеть, что при самых неблагоприятных ситуациях, предусмотренных действующей методикой, расчетная величина индивидуального пожарного риска зависит исключительно от значения вероятности эвакуации людей $P_{\text{э},i}$, и в случаях когда $P_{\text{э},i} = 0,999$, величина риска составит:

$$Q_{\text{в},i} = 0,00057 \cdot (1 - 0,999) = 0,57024 \cdot 10^{-6},$$

для которого выполняется условие, предусмотренное формулой (4):

$$Q_{\text{в}} \leq Q_{\text{в}}^{\text{н}}, \quad (4)$$

$$0,57024 \cdot 10^{-6} < 1 \cdot 10^{-6}$$

Вместе с тем стоит отметить, что при $P_{\text{э},i} = 0$, значение расчетной величины пожарного риска $Q_{\text{в},i}$ составит:

$$Q_{\text{в},i} = 0,00057 \cdot (1 - 0) = 0,57 \cdot 10^{-3},$$

для которого условие, предусмотренное формулой (10) не выполняется:

$$0,57 \cdot 10^{-3} > 1 \cdot 10^{-6}$$

Это в очередной раз подтверждает, что определение расчетного значения индивидуального пожарного риска носит номинальный характер и зависит исключительно от вероятности эвакуации людей $P_{\text{э},i}$.

Проанализировав подход к вычислению пожарного риска для зданий классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4 предусмотренные формулой (5)

$$Q_{\text{в},i} = Q_{\text{п},i} \cdot [1 - (P_{\text{э},i} + (1 - P_{\text{э},i}) \cdot P_{\text{сп},i})], \quad (5)$$

где $P_{\text{сп},i}$ – вероятность спасения людей пожарными подразделениями, определяемая по формуле (6):

$$P_{\text{сп},i} = 1 - (1 - K_{\text{пэ},i}) \cdot (1 - K_{\text{фпс},i}) \cdot (1 - K_{\text{ф},i}) \cdot (1 - K_{\text{эв},i}), \quad (6)$$

где $K_{\text{фпс},i}$ – коэффициент, учитывающий дислокацию (время прибытия) пожарных подразделений относительно объекта на территории поселений и городских округов, который принимают $K_{\text{фпс},i} = 0,95$, при соответствии требованиям нормативных правовых актов и нормативных документов в области пожарной безопасности, либо $K_{\text{фпс},i} = 0$ – при несоответствии;

$K_{\text{эв},i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие путей эвакуации требованиям нормативных правовых актов и нормативных документов в области пожарной безопасности, который принимают $K_{\text{эв},i} = 0,8$ – при соответствии, и $K_{\text{эв},i} = 0$ – при несоответствии;

$K_{\Phi,i}$ – коэффициент, учитывающий класс функциональной пожарной опасности здания (пожарного отсека), который принимают $K_{\Phi,i} = 0,75$:

- директивно для зданий (пожарных отсеков) класса Ф1.4;
- для зданий (пожарных отсеков) класса Ф1.3, при устройстве аварийных выходов, соответствующих требованиям нормативных правовых актов и нормативных документов в области пожарной безопасности;
- для зданий (пожарных отсеков) класса Ф1.1, при оснащении первичными средствами пожаротушения, соответствующих требованиям нормативных правовых актов и нормативных документов в области пожарной безопасности;
- $K_{\Phi,i} = 0$, при несоответствии условий, описанных выше требованиям нормативных правовых актов и нормативных документов в области пожарной безопасности для зданий (пожарных отсеков) класса Ф1.1 и Ф1.3.

Можно получить упрощенную формулу (5), на примере жилых многоквартирных зданий с частотой реализации пожара $Q_{\Pi,i} = 2,6 \cdot 10^{-2}$ (так как видно из таблицы 1, используемая в расчетах частота возникновения пожаров для жилых многоквартирных зданий подкласса Ф1.3 имеет заведомо более высокие значения по сравнению с другими типами зданий класса Ф1.1 и Ф1.4):

$$Q_{B,i} = 0,026 \cdot [1 - (P_{э,i} + (1 - P_{э,i}) \cdot 0,999676)]$$

$$Q_{B,i} = 0,026 \cdot [0,000324 (1 - P_{э,i})], \quad (7)$$

Из полученной формулы (7) мы можем увидеть, что при самых неблагоприятных ситуациях, предусмотренных действующей методикой [4], расчетная величина индивидуального пожарного риска для зданий классов Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4 будет зависеть исключительно от значения вероятности эвакуации людей $P_{э,i}$, и в случаях когда $P_{э,i} = 0,999$, величина риска в нашем случае для зданий класса Ф1.3 составит:

$$Q_{B,i} = 0,026 \cdot [0,000324 (1 - 0,999)] = 8,424 \cdot 10^{-9}$$

для которого выполняется условие, предусмотренное формулой (4):

$$Q_B \leq Q_B^H, \quad (4)$$

$$8,424 \cdot 10^{-9} < 1 \cdot 10^{-6}$$

Вместе с тем, стоит отметить, что при $P_{э,i} = 0$, значение расчетной величины пожарного риска $Q_{B,i}$ составит:

$$Q_{B,i} = 0,026 \cdot [0,000324 (1 - 0)] = 8,424 \cdot 10^{-5}$$

для которого условие, предусмотренное формулой (10) не выполняется:

$$8,424 \cdot 10^{-5} > 1 \cdot 10^{-6}$$

Исходя из представленного выше анализа следует вывод, что вне зависимости от класса функциональной пожарной опасности здания, наличия либо отсутствия систем активной противопожарной защиты и дислокации подразделений относительно объекта, предписанных требованиям нормативных правовых актов и

нормативных документов в области пожарной безопасности, величина индивидуального пожарного риска носит номинальный характер и зависит исключительно от вероятности эвакуации людей из здания.

Заключение

В данной статье проведен всесторонний анализ существующих проблем и противоречий в действующей методике [4] расчета пожарных рисков, применяемой в Республике Казахстан. Выявленные недостатки и ограничения действующего нормативного подхода убедительно свидетельствуют о необходимости существенной переработки национальных стандартов [1-4] в области оценки пожарной опасности. Полученные результаты дают веские основания для инициирования масштабной работы по модернизации методологической базы, что позволит не только повысить точность расчетов, но и значительно расширить сферу практического применения риск-ориентированных подходов в деятельности противопожарных служб страны. Особое значение приобретает необходимость адаптации методик к современным условиям с учетом специфики объектов Республики Казахстан и местных особенностей обеспечения пожарной безопасности.

Список литературы

1. СТ РК 2881-1 –2016 «Безопасность пожарная. Оценка пожарного риска. Часть 1. Общие положения».
2. СТ РК 2881-2 –2016 «Безопасность пожарная. Оценка пожарного риска. Часть 2. Выбор сценария пожара».
3. СТ РК 2881-3 –2016 «Безопасность пожарная. Оценка пожарного риска. Часть 3. Опасные факторы пожара».
4. СТ РК 3020-2017 «Оценка пожарного риска. Метод определения расчетных величин пожарного риска в зданиях и сооружениях различных классов функциональной пожарной опасности».
5. Технический Регламент. Общие требования к пожарной безопасности: утв. Постановлением правительства Республики Казахстан от 16.01.2009 г., № 14. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г., № 123-ФЗ.
6. Технический Регламент. Общие требования к пожарной безопасности: утв. Приказом Министра внутренних дел Республики Казахстан от 23.06.2017 г., № 439.
7. Технический Регламент. Общие требования к пожарной безопасности: утв. Приказом Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан от 17.08.2021, № 405.
8. Правила оказания первичной медико-санитарной помощи: утв. Приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан от 24 августа 2021 года № ҚР ДСМ-90.

References

1. ST RK 2881-1 –2016 «Bezopasnost' pozharnaja. Ocenka pozharnogo riska. Chast' 1. Obshhie polozhenija».
2. ST RK 2881-2 –2016 «Bezopasnost' pozharnaja. Ocenka pozharnogo riska. Chast' 2. Vybor scenarija pozhara».
3. ST RK 2881-3 –2016 «Bezopasnost' pozharnaja. Ocenka pozharnogo riska. Chast' 3. Opasnye faktory pozhara».

4. ST RK 3020-2017 «Ocenka pozharnogo riska. Metod opredelenija raschetnyh velichin pozharnogo riska v zdaniyah i sooruzhenijah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti».

5. Tehnicheskij Reglament. Obshhie trebovaniya k pozharnoj bezopasnosti: utv. Postanovleniem pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 16.01.2009 g., № 14. Federal'nyj zakon «Tehnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti» ot 22.07.2008 № 123-F.

6. Tehnicheskij Reglament. Obshhie trebovaniya k pozharnoj bezopasnosti: utv. Prikazom Ministra vnutrennih del Respubliki Kazahstan ot 23.06.2017 g., № 439.

7. Tehnicheskij Reglament. Obshhie trebovaniya k pozharnoj bezopasnosti: utv. Prikazom Ministra po chrezvychajnym situacijam Respubliki Kazahstan ot 17.08.2021 № 405.

8. Pravila okazaniya pervichnoj mediko-sanitarnoj pomoshhi: utv. Prikazom Ministra zdavoohraneniya Respubliki Kazahstan ot 24 avgusta 2021 goda № QR DSM-90.

P. M. Джумагалиев¹, О. К. Қоқушев², Т. Р. Джумагалиев¹, В. К. Димитров², М. Б. Қлышбаев²

¹«Gfp Science» ЖШС, Алматы, Қазақстан

²«Global Fire Protection», ЖШС, Алматы, Қазақстан

ЖОБАЛАУ САТЫСЫНДА ЖЕКЕ ӨРТ ТӘУЕКЕЛІН БАҒАЛАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ

Аңдатпа. Мақалада Қазақстан Республикасында қолданыстағы жеке өрт тәуекелін бағалау әдістемесіне жүргізілген талдау нәтижесінде анықталған, жергілікті ерекшеліктерді ескермейтін ескірген статистикалық деректер мәселелері қарастырылған. Әдістемені жетілдіру бойынша бірқатар ұсыныстар берілген: статистикалық деректерді жаңарту, өрт дабылы жүйесінің іске қосылуын ескере отырып эвакуация уақытын қайта қарау, сондай-ақ қауіптілік критерийлерін нақтылау. Сонымен қатар, мақалада бірыңғай тәуекел шегі (10^{-6}) Қазақстан Республикасының нақты жағдайлары мен ерекшеліктерін толық дәрежеде көрсетпейтіні туралы мәселе көтеріледі. Өртүрлі функционалдық өрт қауіптілігі класына жататын нысандар бойынша орындалған 1000-нан астам нақты жобалық есеп тәжірибесіне сүйене отырып, әдістемені заманауи ғимараттарға бейімдеу жөнінде ұсынымдар ұсынылған.

Түйінді сөздер: өрт қауіпсіздігі, жеке өрт тәуекелін бағалау, эвакуация уақытын анықтау, тәуекелдің шекті мәні, өрт тәуекелдерін басқару, өрт тәуекелдерін есептеу әдістемелері, өрт қауіпті жағдайлардың туындау жиілігі.

R. M. Dzhumagaliev¹, O. K. Kokushev², T. R. Dzhumagaliev², V. K. Dimitrov², M. B. Klyshbaev²

¹TOO "GFP Science", Almaty, Kazakhstan

²TOO "Global Fire Protection", Almaty, Kazakhstan

PROBLEMS OF ASSESSING INDIVIDUAL FIRE RISK AT THE DESIGN STAGE

Abstract. The article shows the problems of outdated statistics that do not take into account local features, identified by the results of the analysis of the current methodology for assessing individual fire risk in Kazakhstan. Proposals are formulated to improve the methodology: updating the data, revising the evacuation time, taking into account the activation of the fire alarm system, and clarifying the criteria of danger. This article also questions the single risk threshold (10^{-6}) as not reflecting the real conditions and features of the Republic of Kazakhstan. The article provides recommendations for adapting the methodology to modern buildings based on the experience of more than 1,000 calculations for real projects of various classes of functional fire hazard.

Keywords: fire safety, individual fire risk assessment, evacuation time determination, risk threshold, fire risk management, fire risk calculation methods, frequency of fire occurrence.

Сведения об авторах / Information about the authors

Джумагалиев Руслан Маркленович – кандидат технических наук, профессор, директор ТОО "GFP Science", Алматы, Казахстан. E-mail: ruslan_djum@mail.ru, r_djum@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0724-9218>

Кокушев Олжас Куанышбаевич – руководитель проектов, ТОО "Global Fire Protection", Алматы, Казахстан. E-mail: djafar2503@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0594-4268>

Джумагалиев Тимур Русланович – руководитель проектов, ТОО "Global Fire Protection", Алматы, Казахстан. E-mail: timohad87@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1092-7155>

Димитров Владислав Константинович – руководитель проектов, эксперт в области оценки и управления пожарными рисками, ТОО "Global Fire Protection", Алматы, Казахстан

Клышбаев Марат Бахытжанович – ведущий научный сотрудник, магистр технических наук, ТОО "Global Fire Protection", Алматы, Казахстан. E-mail: gfp_mk@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-6710-1090>

Ruslan M. Dzhumagaliev – Candidate of Technical Sciences, Professor, "GFP Science" LLP, Almaty, Kazakhstan. E-mail: ruslan_djum@mail.ru, r_djum@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0724-9218>

Timur R. Djumagaliev – Project manager, "Global Fire Protection" LLP, Almaty, Kazakhstan. E-mail: timohad87@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1092-7155>

Olzhas K. Kokushev – Project manager, "Global Fire Protection" LLP, Almaty, Kazakhstan. E-mail: djafar2503@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0594-4268>

Vladislav K. Dimitrov – Project Manager, expert in the field of fire risk assessment and management, Global Fire Protection LLP, Almaty, Kazakhstan

Marat B. Klyshbaev – Senior research fellow, master of technical science "Global Fire Protection" LLP, Almaty, Kazakhstan. E-mail: gfp_mk@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-6710-1090>

УДК 614.8
МРНТИ 81.92.29

Т. К. Ақжанов¹, Қ. К. Оспанов¹, В. В. Голев¹, Д. Б. Ғазез¹, А. Н. Моргунов²

¹Қазақстан Республикасы Төтенше жағдайлар министрлігі Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы, Көкшетау, Қазақстан

²Абай Мырзахметов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДАҒЫ БИІК ҒИМАРАТТАРДЫҢ ҚАСБЕТТЕРІ БОЙЫМЕН ӨРТТІҢ КОНВЕКТИВТІ АҒЫНДАРЫНЫҢ ТАРАЛУЫНА ЖЕЛ БАҒЫТЫНЫҢ ӘСЕРІ

Аңдатпа. Мақалада биік ғимараттардың қасбеттерінде (фасадтарында) өрттің дамуы кезінде пайда болатын конвективті ағындардың таралуына жел бағытының әсері қарастырылады. Өртүрлі конфигурациядағы құрылыстардың сыртқы беттеріне жақын қалыптасатын аэродинамикалық жағдайларды, сондай-ақ олардың жылу энергиясы мен жалынның тасымалдануына әсерін ескере отырып, осы мәселенің әлемдік тәжірибеде зерттелуіне талдау жасалды. Желдің бағыты мен жылдамдығы өзгерген кездегі конвективті ағындар параметрлерінің өзгеруінің негізгі заңдылықтары анықталды. Қасбет бойымен оттың тік және көлденең таралу қарқындылығы артатын жел әсерінің критикалық бұрыштарын анықтауға мүмкіндік беретін модельдеу және эксперименталды зерттеулердің нәтижелері зерделенді. Алынған мәліметтер қасбеттік жүйелердің өртке қарсы қорғанысын жобалауда, нормативтік талаптарды әзірлеуде және биік ғимараттардың өрт қауіптілігін бағалау әдістерін жетілдіруде қолданылуы мүмкін. Биік ғимараттардағы өртті сөндіру кезіндегі өртке қарсы қызмет бөлімшелерінің іс-қимылдары үшін ұсыныстар қалыптастырылған.

Түйінді сөздер: биік ғимарат, жел бағыты, өрттің таралуы, конвективті ағын, өрт.

Кіріспе. Заманауи ғимараттардың ауқымы мен биіктігі артқан сайын, олардың архитектуралық-конструкциялық шешімдері мен пайдалану жағдайлары күрделене түсуде. Бұл ішкі үй-жайларда да, сыртқы конструкцияларда да қолданылатын жанғыш материалдар мөлшерінің артуымен қатар жүреді, бұл өз кезегінде өрттің шығу және даму ықтималдығын жоғарылатады. Күнделікті тәжірибеде өрттің туындауына ықпал ететін бірқатар типтік факторлар байқалады: үй-жайларда электромобильдерге арналған зарядтау құрылғыларын пайдалану, эвакуациялық жолдар мен балкондардың заттарға толып қалуы, электр желілерінің ескіруі мен шамадан тыс жүктелуі, сертификатталмаған жылу окшаулағыш материалдарды қолдану, сондай-ақ өртке қарсы қорғаныс жүйелерінің тиімсіздігі. Осы мән-жайларды ескере отырып, биік ғимараттарда өрт сөндіру әдістерін жетілдіруге, персонал мен халықтың төтенше жағдайлар кезіндегі іс-қимылдарға дайындығын арттыруға ғана емес, сонымен қатар ғимарат қасбеті бойымен өрттің конвективті ағындарының таралу жылдамдығына әсер ететін жел жүктемесінің ықпалын зерттеуге бағытталған міндеттер өзекті болып табылады.

Қазақстан Республикасының жағдайында жел жүктемесі факторы ерекше маңызға ие: ел аумағының шамамен 50 %-ында 30 метр биіктіктегі желдің орташа жылдық жылдамдығы 4-5 м/с диапазонында болады.

Сонымен қатар, кейбір аймақтарда, мысалы, Жоңғар қақпасы дәлізінде (Алматы облысы), 50 метр биіктіктегі желдің орташа жылдық жылдамдығы 9,7 м/с-қа жетеді, бұл қасбеттер бойымен өрттің таралуына айтарлықтай әсер ете алатын жоғары аэродинамикалық жүктемелердің әлеуетін көрсетеді.

Биік ғимараттардың үй-жайларында өрттің дамуы кезінде жарық өткізгіш құрылымдар қирағаннан кейін ғимараттың қасбеті бойымен таралатын сыртқы конвективті алау пайда болады. Бұл процестің қозғаушы күші табиғи конвекция болып табылады, қоршаған ауаның және қыздырылған жану өнімдерінің шартты тығыздығы. Конвективті ағын-бұл қарқынды жылу сәулеленуімен және ауаның турбулентті араласуымен бірге жүретін ыстық газдардың тігінен бағытталған ағыны. Сыртқы алау аймағындағы газдардың температурасы 800-1000 °С-қа жетуі мүмкін, бұл қасбеттік құрылымдардың қызуына және жоғарыдағы қабаттардың әйнектерінің бұзылуына әкеледі. Конвективті алаудың геометриясы мен динамикасына ғимараттың қасбетіне қатысты жел ағынының бағыты айтарлықтай әсер етеді [1].

Ғимараттың қасбетіне бағытталған желдің әсерінен конвективті алау қабырға бетінен ауытқиды. Нәтижесінде:

- қасбетке жылу ағыны азаяды;
- өрттің жоғарғы қабаттарға таралу мүмкіндігі азаяды;
- тік алаудың ұзындығы азаяды.

Қарсы жел конвективті ағынның көтерілуін ішінара өтейді және оның траекториясын өзгертеді.

Ең қауіпті жағдайлар ғимараттың жел үрлейтін жағында байқалады. Бұл аймақта алауды қасбетке «басуға» ықпал ететін төмен қысымды аймақ қалыптасады.

Нәтижесінде:

- алау биіктігін арттыру;
- қасбетке жылу әсерінің өсуі;
- өрттің тік таралуын жеделдету.

Жел үрлейтін жағдайында конвективті ағын тұрақты болады және қабырға беті бойымен бағытталады.

Желдің бүйірлік әсерінен алау ауа ағынының қозғалысына қарай еңкейеді. Бұл жағдайда байқалады:

- максималды температура аймағынан орынын аусуы;
- өрттің көлденең таралуын арттыру;
- қасбет бойында турбулентті құйындардың пайда болуы.

Бүйірлік жел қасбеттік материалдардың терезе саңылауынан едәуір қашықтықта тұтануына ықпал етуі мүмкін.

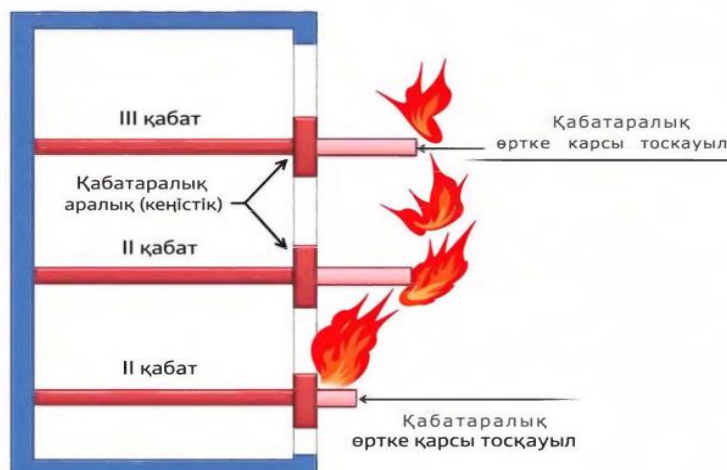
Жел жылдамдығының жоғарылауымен өзгереді:

- алау бұрышы,
- конвективті ағынның ұзындығы,
- жылу алмасу қарқындылығы.

Қатты жел кезінде конвективті алау бір уақытта тік және көлденең бағытта таралуы мүмкін, бұл қасбеттік жүйелердің өрт қаупін едәуір арттырады.

Осылайша, желдің бағыты биік ғимараттардың қасбеттерінде өрттің таралуын анықтайтын факторлардың бірі болып табылады және өртті модельдеу, қасбеттік жүйелерді жобалау және өртке қарсы шараларды әзірлеу кезінде ескерілуі керек.

Негізгі бөлім. Ғимараттың қасбетіндегі өрт параметрлерінің әсерін азайтуға және оны одан әрі таратуға арналған құрылыстағы құрылымдық элементтердің бірі-қабатты өртке қарсы қалқандарды орнату (1-сурет). Бұл құрылымның функционалдық мақсаты терезе саңылауынан шығатын өрттен жалын алауының бағытын өзгертуді және оның ғимараттың қасбеті бойынша одан әрі таралуын болдырмауды көздейді.



1-сурет - Қасбет бойынша өрттің дамуына қабат аралық белдеудің әсері

Осы конструктивтік элементтің құрылысында қолданудың әлемдік тәжірибесі өзінің нормативтік талаптары бойынша ерекшеленеді, атап айтқанда Австралия үшін қабат аралық күнқағардың параметрлері кемінде 1,1 метр қашықтықпен айқындалады, АҚШ үшін ең аз ұзындығы кемінде 0,762 метрді құрайды, Қазақстан Республикасында өртке қарсы күнқағарлар қабаттардың бөлінуін қамтамасыз етуі және ғимараттың қасбеті жазықтығынан кемінде 0,3 метрге шығуы тиіс. Сонымен қатар, оларды қажетті нормаларға сәйкес отқа төзімділік шегі бар биіктігі 1,2 метр қабатты белдеулермен ауыстыруға жол беріледі.

Өртке қарсы күнқағардың қабат аралық белдеуден айрықша ерекшелігі эксперименттік зерттеулер жүргізу, қабат аралық күнқағардың үстіңгі қабаттардың терезе әйнектерінің бұзылу ықтималдығының төмендеуіне әсері туралы негізделген дәлелді-есептік базаның болуы болып табылады. Жүргізілген зерттеулердің қорытындылары бойынша деректер ғимараттардағы өрт қауіпсіздігі мәселелерін реттейтін нормативтік-құқықтық базаны қалыптастырудың негізгі аспектісі болып табылады.

Қазақстандағы мұндай өрттердің мысалы ретінде елордамыз Астана қаласындағы оқиғаларды келтіруге болады: 2024 жылғы «Rixos Khan Shatyr Residences» тұрғын үй кешені, 2006 жылғы «Транспорт Тауэр» әкімшілік ғимараты (2 а, б-сурет) [2].

Осылайша, Қазақстанға тән климаттық ерекшеліктерді және күшті желдердің жиі болуын ескере отырып, биік ғимараттардың қасбеттері бойымен өрттің дамуына жел әсерін зерттеу – өртке қарсы қорғаныс жүйелерін және өрт сөндіру тактикасын жетілдіру үшін маңызды ғылыми-практикалық міндет болып табылады.



а)



б)

2-сурет – Астана қаласындағы биік ғимараттардағы өрт мысалдары:

а) «Rixos Khan Shatyr Residences» тұрғын үй кешені (2024 ж.)

б) «Transport Tower» әкімшілік ғимараты (2006 ж.)

Көптеген зерттеушілер биік ғимараттардағы өрттің таралу ерекшеліктерін анықтайтын факторларды зерделеуге арналған ауқымды жұмыстар жүргізді. Атап айтқанда, Абу-Зидан және оның авторластары оқшауланған ғимараттың қасбеті бойымен оттың таралуын зерттей отырып, құрылыстың геометриялық параметрлері қабырға беттеріндегі ағындардың құрылымына айтарлықтай әсер етіп, жалын қозғалысының траекториясын өзгертетінін анықтады [3]. Джеффс және т.б. оттың таралу сипатына жану көзі, желдету жағдайлары және ғимараттың конструкциялық ерекшеліктері елеулі ықпал ететінін көрсетті [4]. Бұл ретте, ғимарат геометриясын оңтайландыру және өртке қарсы бөгеттерді қолдану арқылы жалынның тік және көлденең бағытта таралуын болдырмауға болады. Айта кету керек, бірқатар зерттеушілер желдің жылдамдығы мен бағытының ғимарат қасбеттері бойымен оттың таралу ерекшеліктеріне әсерін қарастырған. Дегенмен, мұндай жұмыстардың саны әлі де шектеулі, ал қолданыстағы зерттеулерде жалынның таралу қашықтығы, ауданы мен жылдамдығы туралы негізделген қорытынды жасауға мүмкіндік беретін жүйеленген мәліметтер көлемі жеткіліксіз.

Авторлар Қытай Халық Республикасы ғалымдарының PyroSim (6.7.1 нұсқасы) бағдарламалық жасақтамасының көмегімен жүргізген зерттеулерін зерделеді, мұнда ғимараттың қасбеттік материалдарының қасиеттерін тексеру үшін эксперименталды мәліметтер модельдеу нәтижелерімен салыстырылған. Ғимараттың жеңілдетілген тікбұрышты моделі жасалып, жел бағытының бес бұрышын (0° , 45° , 90° , 135° және 180°) қамтитын өрттің әртүрлі сценарийлері сипатталған. Алынған деректер жел бағытының ғимарат қасбеті бойымен оттың таралуына әсерін сандық көрсеткіштермен көрсетеді.

Ғимараттардың қасбеттік конструкцияларына әсер ететін тік бағытталған ауа ағындарының қалыптасуы көбінесе табиғи конвекция процестеріне байланысты. Соңғысы қоршаған атмосфера мен күн радиациясынан қызған қасбет беті арасындағы температуралық градиент салдарынан туындайды, бұл ғимарат жазықтығы бойымен жоғары қарай бағытталған конвективті жылу ағындарының дамуына әкеледі.

Мұндай ағындардың қарқындылығы мен құрылымы бірқатар факторларға байланысты, соның ішінде [5]:

- жану ошағының қуаты мен жалынның биіктігі;
- терезе ойықтарының геометриялық параметрлері (биіктігі, ені және формасы);
- қабаттар арасындағы өртке қарсы бөгеттердің болуы;
- осы өңірге тән жел жүктемесі.

Қорытынды. Осы тақырыпты зерттеу нәтижесінде жел бағытының ғимараттардың қасбеттік беттері бойымен оттың таралу процестеріне әсері анықталды. Негізгі тұжырымдар келесідей:

1. Температураның ең қарқынды көтерілуі және жалынның таралу жылдамдығы ғимараттың ық жағында (жел соқпайтын жағында) байқалады.
2. Өртүрлі бұрышпен әсер ететін жанама жел оттың тік бағытта таралуын шектейді, сонымен бірге оның көлденең бағытта таралуына ықпал етеді.
3. Жел бағыты өрттің тік және көлденең даму жылдамдығына айтарлықтай әсер етеді.

Жүргізілген факторлық талдау көрсеткендей, жел белсенділігі жоғары Қазақстан жағдайында бұл параметр ғимарат қасбеттері бойымен жалынның таралуын едәуір жеделдетеді. Бұл жобалау және инженерлік шешімдерді өңірлік климаттық ерекшеліктерге бейімдеу қажеттілігін тудырады. Сонымен қатар, биік ғимараттарда өртті сөндіруді ұйымдастыру және жүргізу кезінде өртке қарсы қызмет бөлімшелері нысандардың конструктивті-техникалық ерекшеліктерін ғана емес, сонымен бірге тиісті өңірдің табиғи-климаттық жағдайларын да ескеруі қажет.

Әдебиеттер тізімі

1. Международное информационное агентство «Казинформ» - Пожары в многоэтажках Казахстана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.inform.kz/> (дата обращения: 20.01.2026).
2. Информационное агенство RadioFreeEurope – Казахстанский небоскреб охвачен огнем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rferl.org/> (дата обращения: 20.01.2026).
3. Абу-Зидан, Й., Ратнаяка, С., Мендис, П., Нгуен, К. Влияние скорости и направления ветра на распространение пожара по фасаду изолированного прямоугольного здания. *Fire Saf. J.* 2022 , 129 , 103570. [Google Scholar] [CrossRef].
4. Джеффс, Г. М. Ф., Клингельхофер, Х. Г., Прагер, Ф. Х., Ростек, Х. Огнестойкость вентилируемого фасада, утепленного жёстким пенополиуретаном класса B2. *Fire Mater.* 1986 , 10 , 79–89. [Google Scholar] [CrossRef].
5. Сутиров Д.У., Есеева Л.Б., Есболай Г.И., Акмурзаева Б.С. Аварийные ситуации, возникающие при ошибках проектирования и строительства жилых зданий // Наука и образование в гражданской защите. – 2021. – № 2 (42). – С.13-22.

References

1. Mezhdunarodnoe informacionnoe agentstvo «Kazinform» - Pozhary v mnogoetazhkah Kazahstana [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.inform.kz/> (data obrashcheniya: 20.10.2025).

2. Informacionnoe agenstvo Radio Free Europe – Kazahstanskij neboskreb ohvachen ognem [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.rferl.org/> (data obrashcheniya: 20.10.2025).
3. Abu-Zidan, J., Ratnayaka, S., Mendis, P., Nguen, K. Vliyanie skorosti i napravleniya vetra na rasprostranenie pozhara po fasadu izolirovannogo pryamougol'nogo zdaniya. Fire Saf. J. 2022 , 129 , 103570. [Google Scholar] [CrossRef].
4. Dzheffs, G. M. F.; Klingel'hofer, H. G.; Prager, F. H.; Rostek, H. Ognestojkost' ventiliruемого fasada, uteplennogo zhyostkim penopoliuretanom klassa B2. Fire Mater. 1986 , 10, 79–89. [Google Scholar] [CrossRef].
5. Sugirov D.U., Eseeva L.B., Esbolaj G.I., Akmurzaeva B.S. Avarijnye situacii, voznikayushchie pri oshibkah proektirovaniya i stroitel'stva zhilyh zdaniy // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashchite. – 2021. – № 2 (42). – S.13-22.

Т. К. Акжанов¹, К. К. Оспанов¹, В. В. Голев¹, Д. Б. Газез¹, А. Н. Моргунов²

¹*Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан*

²*Кокшетауский университет имени Абая Мырзахметова, Кокшетау, Казахстан*

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ КОНВЕКТИВНЫХ ПОТОКОВ ПОЖАРА ПО ФАСАДАМ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Аннотация. В статье рассматривается влияние направления ветра на распространение конвективных потоков, возникающих при развитии пожаров по фасадам высотных зданий. Проведен анализ изучения данного вопроса в Мировой практике с учетом аэродинамических условий, формирующихся вблизи наружных поверхностей сооружений различной конфигурации, а также их воздействия на перенос тепловой энергии и пламени. Определены основные закономерности изменения параметров конвективных потоков при изменении направления и скорости ветра. Изучены результаты моделирования и экспериментальных исследований, позволяющие установить критические углы ветрового воздействия, при которых увеличивается интенсивность вертикального и горизонтального распространения огня по фасаду. Полученные данные могут быть использованы при проектировании противопожарной защиты фасадных систем, разработке нормативных требований и совершенствовании методов оценки пожарной опасности высотных зданий. Формирование рекомендаций для действий подразделений противопожарной службы при тушении пожаров в высотных зданиях.

Ключевые слова: высотное здание, направление ветра, распространение пожара, конвективный поток, пожар.

Т. К. Akzhanov¹, К. К. Ospanov¹, V. V. Golev¹, D. B. Gazez¹, A. N. Morgunov²

¹*Malik Gabdullin Academy of Civil Protection, MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan*

²*Abai Myrzakhmetov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan*

THE INFLUENCE OF WIND DIRECTION ON THE SPREAD OF CONVECTIVE FIRE FLOWS ALONG FACADES HIGH-RISE BUILDINGS IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract. The article examines the influence of wind direction on the propagation of convective flows that occur during the development of fires on the facades of high-rise buildings. The analysis of the study of this issue in World practice is carried out, taking into account the

aerodynamic conditions forming near the exterior surfaces of structures of various configurations, as well as their effects on the transfer of thermal energy and flame. The main patterns of changes in the parameters of convective flows with changes in wind direction and speed are determined. The results of modeling and experimental studies have been studied, which make it possible to establish critical angles of wind exposure at which the intensity of vertical and horizontal fire propagation along the facade increases. The data obtained can be used in the design of fire protection of facade systems, the development of regulatory requirements and the improvement of methods for assessing the fire hazard of high-rise buildings. Formation of recommendations for actions of fire service units when extinguishing fires in high-rise buildings.

Keywords: high-rise buildings, wind direction, fire spread, convective currents, fire.

Авторлар туралы мәлімет / Сведения об авторах / Information about the authors

Тұрлыбек Қазбекұлы Ақжанов – Қазақстан Республикасы ТЖМ М. Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы жедел-тактикалық пәндер кафедрасының профессоры, Көкшетау, Қазақстан. E-mail: akzhanovt@yandex.kz

Қайрат Келденұлы Оспанов – техника ғылымдарының кандидаты, Қазақстан Республикасы ТЖМ М. Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы жедел-тактикалық пәндер кафедрасы бастығының орынбасары, Көкшетау, Қазақстан. E-mail: kairat_ospanov90@bk.ru

Владимир Владимирович Голев – Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясының жедел тактикалық пәндер кафедрасының аға оқытушысы, Көкшетау Қазақстан. E-mail: golev.v@internet.ru

Данияр Бауыржанұлы Ғазез – Қазақстан Республикасы ТЖМ М. Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы жедел-тактикалық пәндер кафедрасының оқытушысы, Көкшетау, Қазақстан. E-mail: gazez_daniyar@mail.ru

Аркадий Николаевич Моргунов – Абай Мырзахметов атындағы Көкшетау университетінің экология, тіршілік әрекетінің қауіпсіздігі және қоршаған ортаны қорғау кафедрасының аға оқытушысы, Көкшетау, Қазақстан

Turlybek K. Akzhanov – professor of the Department of operational and tactical disciplines of the M. Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: akzhanovt@yandex.kz.

Kairat K. Ospanov – Candidate of Technical Sciences, Deputy Head of the Department of Operational and Tactical Disciplines of the M. Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: kairat_ospanov90@bk.ru

Vladimir V. Golev – senior lecturer of the Department of Operational and Tactical Disciplines of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan. Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: golev.v@internet.ru

Daniyar B. Gazez – teacher of the Department of operational and tactical disciplines of the M. Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: gazez_daniyar@mail.ru

Arkady N. Morgunov – Senior lecturer of the Department of Ecology, life safety and Environmental Protection of Abay Myrzakhmetov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan

ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ
для публикации в научном журнале
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ В ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЕ»

Научный журнал «НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ В ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЕ» – периодическое издание, предназначенное для публикации актуальных проблемных вопросов, фундаментальных и прикладных исследований в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, обеспечению пожарной и промышленной безопасности.

Периодичность издания – 4 выпуска в год.

Статья должна содержать результаты оригинальных научных исследований, ранее не опубликованных и не предназначенных к публикации в других изданиях. В научной статье должны быть изложены собственные выводы и промежуточные или окончательные результаты научного исследования, экспериментальной или аналитической деятельности. Статья должна содержать авторские разработки, выводы, рекомендации, ранее не опубликованные и обладающие новизной; или посвящена рассмотрению ранее опубликованных научных статей, связанных общей темой (систематический обзор). В содержании статьи должны быть обзоры научных трудов зарубежных исследователей по аналогичной проблеме.

Редакция принимает к рассмотрению статьи на казахском, русском и английском языках объемом до 10 страниц, включая библиографию, минимальный объем статьи - 5 страниц. Шрифт — Times New Roman, размер 13 pt, межстрочный интервал – одинарный, (Word-формат), отступ в начале абзаца – 1,25 см. Все поля – 2 см. В тексте статьи не должна использоваться автоматическая нумерация.

Материал статьи оформляется в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов».

Структура статьи включает следующие разделы:

- **Заголовок:** отдельной строкой слева индекс УДК (универсальный десятичный классификатор), МРНТИ (Межгосударственный рубрикатор научно-технической информации). Инициалы и фамилия автора(ов) (не более 3-х авторов, более 3-х по согласованию с главным редактором). Название (заголовок) статьи (прописными буквами, полужирным шрифтом).

- **Аннотация** (*Aңдампа, Abstract*): оформляется по ГОСТ 7.9-95 «Реферат и аннотация. Общие требования». Обязательные составляющие аннотации: информативность (объем аннотации – 150-200 слов); оригинальность (новизна статьи); содержательность (основное содержание статьи и результаты исследования); структурированность; выводы. В аннотации не используются аббревиатуры и сокращения. Аннотация приводится на английском, казахском и русском языках.

- **Ключевые слова** (*Түйінді сөздер, Keywords*): не менее 8 основных терминов или кратких словосочетаний, которые использованы в статье. Ключевые слова приводятся на английском, казахском и русском языках. Аннотация и ключевые слова на языке статьи предваряют основной текст статьи, аннотации и ключевые слова на других языках размещают после пристатейного библиографического списка.

- **Введение:** обоснование актуальности, степени разработанности темы (возможен краткий обзор научной литературы по теме исследования); формулировка проблемы исследования; описание объекта и предмета исследования, цели и задач статьи; краткая характеристика ее структуры.

- **Методы и материалы:** описание использованных в исследовании методов и материалов, в том числе методов сбора, обработки и анализа данных; характеристика выборки (в случае использования выборочного исследования);

- **Результаты и их обсуждение:** описание и интерпретация полученных результатов с цифрами, таблицами, графиками, рисунками.

- Заключение: формулировка выводов на основе полученных результатов; сопоставление полученных результатов с уже имеющимися результатами по данной теме; оценка научной новизны и практической ценности полученных результатов.

- при наличии источника финансирования исследования (гранты, госбюджетные программы) указывается информация о нем;

- Список литературы (*References*): приставный библиографический список оформляется дважды:

- «Список литературы» – на оригинальном языке источников (казахском, русском и английском языках) оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Ссылки на источники на языке, использующем кириллический алфавит, необходимо транслитерировать латинскими буквами.

Транслитерация приводится с использованием онлайн переводчика по ссылке <http://translit.net> Данный онлайн переводчик не проводит транслитерацию специфических букв казахского алфавита. Здесь авторы после транслитерации казахского текста должны провести корректировку, руководствуясь следующими правилами:

Ә	Ғ	Ң	Ө	Ү	Ұ	Қ	І
a	g	n	o	u	u	k	i

- Ссылки в тексте на соответствующий источник из списка литературы оформляются в квадратных скобках, например, [1]. В основе списка должно быть наличие свежих и актуальных литературных источников (желательно, не позднее 20 лет с даты издания). Не допускаются ссылки на непубликуемые документы. В ссылках на патенты и авторские свидетельства обязательно указывать дату опубликования и номер бюллетеня. В ссылке на адрес сайта сети Интернет должно присутствовать: автор(ы) статьи, название статьи, дата публикации, название и адрес сайта. Самоцитирование автора допускается не более 20 % от количества источников в списке литературы. В «Списке литературы» научной статьи должно быть указано 5-15 и более литературных источников, обзорной статьи до 10.

- Сведения об авторах (на языке статьи и на английском языке): включают следующие элементы: имя, отчество и фамилия; ученое звание, ученую степень; должность или профессию; место работы (наименование учреждения или организации, населенного пункта); наименование страны; служебные адреса всех авторов публикаций; электронный адрес (e-mail).

Все аббревиатуры и сокращения, за исключением заведомо общеизвестных, должны быть расшифрованы при первом употреблении в тексте.

В статье нумеруются лишь те формулы, на которые по тексту есть ссылки.

В таблицах, рисунках, формулах не должно быть разночтений в обозначении символов, знаков. Рисунки должны быть четкими, чистыми, несканированными. На рисунки и таблицы в тексте должны быть ссылки.

Перед отправкой статьи в журнал необходимо тщательно проверять общую орфографию материалов, правильность написания соответствующих терминов и оформления текста работы и ссылок.

На свое усмотрение редколлегия может предложить авторам перевести статью на английский язык, о чем авторы получают своевременное уведомление, а затем присылают в редакцию профессионально переведенные на английский язык статьи.

К статье прилагаются ДОКУМЕНТЫ:

экспертное заключение учреждения о возможности публикации статьи в открытой печати;

рецензия ведущего специалиста в отрасли, по которой представлена статья.

Журнал является рецензируемым. Все научные статьи подлежат экспертной оценке и направляются на рецензирование членам редакционного совета или внешним экспертам – специалистам в соответствующей области знания. После рекомендации экспертов статья публикуется в порядке очередности.

Издатель не берет на себя обязательства по срокам публикации. Если по заключению рецензента статья возвращается автору на доработку, датой поступления считается день получения редакцией ее окончательного варианта. В случае отклонения статьи материалы не возвращаются, редакция оставляет за собой право не вести дискуссию по мотивам отклонения.

Редакция оставляет за собой право, в необходимых случаях, проводить сокращения и редакторскую правку статей.

Каждый автор (авторы) может публиковать в одном выпуске не более двух материалов.

Редакция соблюдает редакционную этику и не раскрывает без согласия автора процесс работы над статьей в издательстве (не обсуждает с кем-либо достоинства или недостатки работы, замечания и исправления в них, не знакомит с внутренними рецензиями).

Статьи должны подаваться с учетом того, что они нигде не издавались, как и не должны находиться на рассмотрении в редакции другого журнала.

Перед отправлением текста статьи в издательство автор принимает на себя обязательства в том, что текст статьи является окончательным вариантом, содержит достоверные сведения, касающиеся результатов исследования, и не требует доработок.

Вся ответственность за подбор приведенных данных, а также за использование сведений, не подлежащих открытой публикации, несут авторы опубликованных материалов.

Полное или частичное воспроизведение, или распространение материалов, опубликованных в журнале, допускается только с письменного разрешения редакции.

Электронный архив Журнала выкладывается в открытом доступе на официальном сайте: <http://agz.edu.kz>

Наш адрес: Республика Казахстан. Акмолинская область. 020000, г. Кокшетау, ул. Акана Серэ, 136. Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан.

Контакты: Научно-исследовательский центр. Тел. (8 7162)25-58-95.

Материалы направляются на e-mail: nits.agz@mail.ru, academy@emer.kz

Научный журнал
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ В ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЕ»
№ 2 (62), 2026 г.

Редакция журнала:
Захаров И.А., Садвакасова С.К.

Адрес редакции:
Научно-исследовательский центр Академии гражданской защиты
имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан
Акмолинская область. 020000, Кокшетау, ул. Акан Серэ, 136.
Тел. 8(7162)25-58-95
вебсайт: http://agz.edu.kz/arxiv_nomerov.html
e-mail: nits.agz@mail.ru, academy@emer.kz

Подписано в печать 20.06.2026 г.
Формат 60х84/8 Объем 12,09 п.л.
Тираж 250 экз. Заказ № 128

Отпечатано в типографии
ИП Мелешина В.Ю.
Акмолинская область, г. Кокшетау,
мкр. Боровской, 61, офис 54
тел.: 87051472593
e-mail: 33-87-02@mail.ru