

ISSN 3007-1674

АЗАМАТТЫҚ ҚОРҒАУДАҒЫ ҒЫЛЫМ МЕН БІЛІМ

**SCIENCE AND EDUCATION
IN CIVIL PROTECTION**

**НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ
В ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЕ**

№ 3 (63) / 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 № 3(63), 2026 ж., қыркүйек.
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.

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 енгізілді (20.03.2018 ж. № 501 (күші жойылды), 08.09.2025 ж. № 1531 бұйрығы).

Қазақстандық ғылыми дәйексөз индексіне (КазГДИ) 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)

Карменов К.К., техника ғылымдарының кандидаты, қауым. профессор (доцент) (ҚР, Астана)

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.

Scientific journal “Science and education in civil protection” No. 3 (63), 2026, september.
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.

It is included in the List of publications recommended by the Committee for Quality Assurance in the Field of Science and Higher Education of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan for the publication of the main results of scientific activity (Order No. 501 dated 03/20/2018 (expired), 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)

Karmenov K.K., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (RK, Astana)

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.

© Malik Gabdullin Academy of Civil
Protection of the MES of the Republic
of Kazakhstan, 2026

Научный журнал «Наука и образование в гражданской защите» № 3 (63), 2026 г., сентябрь. 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.

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 № 501 от 20.03.2018 г. (утратил силу), № 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)

Карменов К.К., кандидат технических наук, асс. профессор (доцент) (РК, Астана)

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.

© Академия гражданской защиты
имени Малика Габдуллина
МЧС Республики Казахстан, 2026

МАЗМУНЫ – CONTENTS –СОДЕРЖАНИЕ

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

<i>Шарипханов С.Д., Абдыкалыков А.Т., Аманбаев Е.Н., Габбасов С.Г., Мусабекова А.С., Несипова С.С.</i> Системные и каскадные риски чрезвычайных ситуаций: развитие информационно-логистического подхода к оценке и предупреждению	6
<i>Джумагалиев Р.М., Кокушев О.К., Джумагалиев Т.Р., Клышбаев М.Б.</i> К вопросу об оценке пожарных рисков электромобилей	16
<i>Sadiq-zada U. A.</i> Application of geoinformation technologies to model the radiation situation and support emergency rescue operations during accidents at nuclear power plants	27
<i>Абдрахманов А.А., Хасенов Ж.Х., Дауренов Д.А., Мусаифов С.Н.</i> Основные положения методики обоснования рационального варианта технического оснащения учебных мест специального военного образовательного учреждения, предназначенных для подготовки специалистов в области радиационной, химической и биологической защиты	33
<i>Закиров А.К., Жаулыбаев А.А.</i> Методика оценки значимости потенциально опасных объектов при обосновании дислокации сил гражданской защиты	42
<i>Жагупаров Ж.Е., Каирбеков К.К., Куанышбаев М.С.</i> Пассивная защита объектов экономики в условиях вооружённых конфликтов: принципы и подходы	48
<i>Жагупаров Ж.Е., Каирбеков К.К., Қуанышбаев М.С., Осипов Р.Д.</i> Экономика объектілерінің зымырандық соққыға ұшырауы кезінде инженерлік жағдайды талдаудың әдістемелік негіздері	56

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

<i>Габбасов С.Г., Толеубекова Ж.З., Курмангалиева З.Н.</i> Действенный механизм обеспечения промышленной безопасности горных работ - эффективная организация деятельности геомеханической, маркшейдерской и геодезической служб	66
<i>Кусаинов А.Б., Альменбаев М.М., Макишев Ж.К., Захаров И.А., Максимов П.В.</i> Сравнительный анализ методов поиска источников противопожарного водоснабжения при тушении пожаров	76
<i>Кусаинов А.Б., Нарбаев К.А., Қайыргелді Н.Қ., Тлеуова Ж.О.</i> Методология оценки риска стихийных бедствий, основанной на анализе опасности природных процессов, уязвимости жилища и возможного ущерба	83
<i>Оспанов К.К., Байжанова С.К., Акжанов Т.К., Голев В.В., Булегенов Е.П.</i> Анализ аварийных сценариев и оценка потенциального пожарного риска установки гидроочистки дизельного топлива с применением противоаварийных систем	92

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

УДК 614.8
МРНТИ 81.93.29

**С. Д. Шарипханов¹, А. Т. Абдыкалыков¹, Е. Н. Аманбаев², С. Г. Габбасов³,
А. С. Мусабекова¹, С. С. Несипова¹**

*¹Казахстанский научно-исследовательский, обучающий центр в области
гражданской защиты и охраны труда, Астана, Казахстан*

²Национальный университет обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан

*³Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина,
Астана, Казахстан*

СИСТЕМНЫЕ И КАСКАДНЫЕ РИСКИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ: РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ

Аннотация. В статье рассматривается развитие информационно-логистического подхода к оценке и предупреждению чрезвычайных ситуаций в условиях формирования системных и каскадных рисков. Показано, что взаимозависимость природных, техногенных, инфраструктурных, цифровых и социальных систем требует перехода от анализа отдельных опасностей к оценке межсистемных связей и возможных сценариев распространения последствий. На основе ранее разработанных положений информационной логистики чрезвычайных ситуаций предложена концептуальная модель, объединяющая получение и верификацию данных, оценку системного риска, моделирование каскадных сценариев, информационно-логистическое обеспечение управленческих решений, реализацию превентивных действий и обратную связь. Обоснована возможность применения данного подхода для снижения уязвимости и повышения устойчивости населения, территорий и критической инфраструктуры, а также развития международного научно-информационного взаимодействия при системных и трансграничных рисках.

Ключевые слова: системный риск, каскадный риск, чрезвычайная ситуация, информационная логистика, предупреждение чрезвычайных ситуаций, критическая инфраструктура, превентивное управление, устойчивость.

Введение. Современные чрезвычайные ситуации всё чаще характеризуются взаимосвязанностью природных, техногенных, инфраструктурных и цифровых рисков, при которой нарушение одной системы способно вызывать каскадные последствия в других. Это требует перехода от оценки отдельных опасностей к анализу системных рисков и их возможного развития [1, 2-4].

В ранее выполненных авторами исследованиях разработаны основы информационной логистики чрезвычайных ситуаций (ЧС), направленной на рациональное управление информационными потоками при предупреждении и ликвидации ЧС [5, 6]. Современные системные и каскадные риски требуют развития данного подхода с учётом межсистемных взаимосвязей, новых источников данных и необходимости преобразования информации о риске в своевременные превентивные решения.

Цель исследования - развитие информационно-логистического подхода к оценке и предупреждению системных и каскадных рисков ЧС, направленного на снижение уязвимости и повышение устойчивости населения, территорий и критической инфраструктуры.

Материалы и методы исследования

Исследование основано на системном анализе современных научных публикаций и международных документов по проблемам системных и каскадных рисков, предупреждения ЧС и устойчивости критической инфраструктуры. Основу анализа составили работы UNDRR по системным рискам, исследования каскадных воздействий на взаимозависимые инфраструктурные системы, а также материалы по устойчивости критической инфраструктуры [1-4, 7-11].

Методологической основой исследования послужили ранее разработанные автором положения информационной логистики ЧС, включая принцип первичности информации, закономерности формирования информационных потоков и превентивный логистический контроль [5, 6].

Применены методы системного и сравнительного анализа, сценарного анализа, обобщения и концептуального моделирования. На их основе выполнено развитие информационно-логистического подхода применительно к системным и каскадным рискам и сформирована концептуальная модель их информационно-логистического управления.

Трансформация рисков ЧС: от отдельных опасностей к системным и каскадным рискам

Современные исследования показывают переход от анализа отдельных опасностей к рассмотрению риска как результата взаимодействия взаимозависимых природных, техногенных, инфраструктурных и социальных систем. В подходе UNDRR системный риск связывается с высокой взаимозависимостью элементов сложных систем, при которой воздействие может распространяться за пределы первоначального события, формируя не прямые и каскадные последствия [1].

Особое значение имеют каскадные риски, при которых нарушение одной системы инициирует последовательные нарушения в других. Исследования взаимозависимой критической инфраструктуры показывают, что повреждение энергетических, транспортных, коммуникационных или водохозяйственных систем способно распространяться через функциональные зависимости и существенно увеличивать первоначальный ущерб [9, 10]. Поэтому оценка риска должна учитывать не только вероятность и последствия исходного события, но и структуру межсистемных связей, уязвимость зависимых элементов и возможные сценарии распространения нарушений.

При этом следует различать несколько близких понятий. Множественные риски (multi-hazard) предполагают рассмотрение нескольких опасностей; комплексные (compound) - их сочетание или последовательное воздействие, усиливающее последствия; каскадные (cascading) характеризуют распространение нарушений между взаимозависимыми системами; системные (systemic) охватывают более широкий уровень взаимосвязей, при котором последствия способны распространяться между секторами, территориями и государствами [1, 9, 10].

Таким образом, современная оценка риска должна переходить от схемы «опасность — воздействие — последствия» к анализу цепочки: опасность → уязвимость → межсистемные зависимости → каскадное развитие → системные последствия.

Такой переход принципиально повышает требования к информационному обеспечению управления: необходимо получать и интегрировать данные не об одном событии, а одновременно о состоянии множества взаимосвязанных систем. Именно это создаёт основу для развития информационно-логистического подхода к системным и каскадным рискам [1, 9-11].

Развитие информационно-логистического подхода к управлению системными и каскадными рисками

В ранее выполненных исследованиях авторами была разработана концепция информационной логистики ЧС как научно-прикладного направления рационального управления информационными потоками в системе защиты населения и территорий. В её основу положены закономерности формирования информационных потоков, принцип первичности и объединяющей роли информации, а также превентивный логистический контроль [5, 6].

Ключевым является положение о том, что информация выступает основным ресурсом, обеспечивающим прогнозирование развития чрезвычайной ситуации, моделирование возможных сценариев и формирование комплекса защитных мероприятий. При этом эффективность управления определяется не только наличием информации, но и её достоверностью, своевременностью, полнотой и возможностью использования для принятия решений [5].

Развитие системных и каскадных рисков расширяет задачи информационной логистики. Объектом анализа становится не только информационный поток, характеризующий отдельную чрезвычайную ситуацию, но и совокупность данных о состоянии взаимозависимых природных, техногенных, инфраструктурных, цифровых и социальных систем. Это требует выявления межсистемных зависимостей и возможных путей распространения вторичных последствий.

Определённые предпосылки такого подхода были заложены в предыдущих исследованиях автора: локальные сценарии объединялись в региональные с учётом их взаимосвязей, а природные чрезвычайные ситуации рассматривались как возможные первичные факторы возникновения вторичных техногенных событий [5]. Современная теория системных и каскадных рисков [1, 9, 10] позволяет развить эти положения применительно к значительно более сложным межотраслевым и инфраструктурным зависимостям.

В этой связи предлагается расширить информационно-логистический подход следующим образом:

системный риск → получение и верификация данных → выявление взаимозависимостей → моделирование каскадных сценариев → информационно-логистическое обеспечение → управленческое решение → превентивное действие → снижение уязвимости и повышение устойчивости.

При таком подходе информационная логистика выполняет интегрирующую функцию, обеспечивая преобразование разнородных данных о взаимосвязанных рисках в релевантную информацию, необходимую для своевременного принятия превентивных решений.

Концептуальная модель информационно-логистического управления системными и каскадными рисками

Для управления системными и каскадными рисками предлагается концептуальная модель, объединяющая процессы формирования информации о риске, её анализа, принятия управленческих решений и реализации превентивных мероприятий в единый замкнутый цикл.

Основными элементами модели являются:

системная среда риска → получение и верификация данных → оценка системного риска и моделирование каскадных сценариев → информационная логистика ЧС → превентивное управленческое решение → практическое действие → снижение уязвимости и повышение устойчивости → обратная информационная связь.

Центральным элементом модели является информационная логистика ЧС, обеспечивающая формирование информационной потребности, отбор, интеграцию и своевременное доведение релевантной информации до субъектов управления. Это позволяет связать результаты мониторинга и научной оценки риска с конкретными управленческими решениями и превентивными мероприятиями.

Модель предусматривает постоянную обратную связь: результаты принятых решений и изменения состояния взаимосвязанных систем формируют новые информационные потоки, на основе которых уточняются оценка риска, прогноз развития ситуации и последующие действия.



Рисунок 1 - Концептуальная модель информационно-логистического управления системными и каскадными рисками ЧС

От информации о риске к превентивному действию

Эффективность предупреждения ЧС определяется не только объёмом доступной информации, но и способностью преобразовать её в своевременное управленческое и практическое действие. В условиях системных и каскадных рисков данная задача приобретает особое значение, поскольку задержка или искажение информации об изменении состояния одного элемента может привести к распространению последствий на взаимозависимые системы [2, 4, 8].

В информационно-логистическом подходе информация о риске должна последовательно проходить этапы получения, верификации, анализа, преобразования в управленческое решение и доведения до конкретных исполнителей. Конечной целью информационного процесса является не накопление данных, а реализация превентивных мероприятий, направленных на снижение вероятности развития неблагоприятного сценария либо ограничение его последствий.

При этом результативность превентивного управления зависит от готовности органов управления, специалистов, организаций и населения правильно воспринимать информацию о риске и действовать на её основе. Поэтому информационная логистика непосредственно связана с формированием культуры безопасности, которую можно представить последовательностью [4]:

знать риск → понимать риск → уметь действовать → действовать правильно.

Таким образом, информационное обеспечение предупреждения ЧС должно оцениваться не количеством переданной информации, а её способностью обеспечить своевременное и адекватное действие.

Международное научно-информационное взаимодействие

Системные и каскадные риски способны выходить за административные и государственные границы вследствие взаимозависимости природных процессов, транспортных и энергетических систем, цифровой инфраструктуры и производственно-экономических связей. Это обуславливает необходимость развития международного научно-информационного взаимодействия в области оценки и предупреждения чрезвычайных ситуаций [3, 4].

Применение принципов информационной логистики на международном уровне предполагает не механический обмен массивами данных, а формирование сопоставимой и научно обоснованной информации о рисках. Такой подход включает согласование понятий и показателей, обмен результатами мониторинга и исследований, совместное моделирование трансграничных и каскадных сценариев, а также подготовку научных рекомендаций для национальных органов управления [4].

Информационно-логистическая схема такого взаимодействия может быть представлена следующим образом: национальные научные и экспертные структуры → международный обмен и интеграция данных → совместная оценка системных и трансграничных рисков → научные рекомендации → национальные управленческие решения.

Организационной формой реализации данного подхода могут выступать международные экспертные сети и специализированные научные структуры, обеспечивающие координацию исследований, сопоставление национальных подходов и подготовку совместных научно-методических решений [4].

Обсуждение результатов

Проведённое исследование показывает, что развитие системных и каскадных рисков требует расширения традиционных подходов к информационному обеспечению управления ЧС. Современные исследования системного риска и взаимозависимой критической инфраструктуры подтверждают необходимость учитывать межсистемные зависимости, вторичные последствия и возможность распространения нарушений между различными секторами [1, 9-11].

Предлагаемый подход развивает ранее разработанные авторами положения информационной логистики ЧС применительно к этим условиям. Если первоначально основное внимание уделялось закономерностям формирования информационных потоков и их использованию при предупреждении и ликвидации чрезвычайных ситуаций, то в настоящем исследовании объект информационно-логистического управления расширяется за счёт взаимосвязанных источников риска, межсистемных зависимостей и каскадных сценариев [5].

Предложенная концептуальная модель объединяет в едином замкнутом цикле формирование информационного ресурса, оценку системного риска, моделирование каскадных сценариев, информационную логистику, превентивное управленческое решение, практическое действие и обратную связь. В отличие от подхода, при котором информационное обеспечение рассматривается преимущественно как передача данных субъектам управления, информационная логистика выполняет интегрирующую функцию преобразования разнородной информации о риске в информационный ресурс, непосредственно ориентированный на принятие превентивных решений.

Развитие информационно-логистического подхода на международный уровень позволяет также рассматривать его как методологическую основу научно-информационного взаимодействия при оценке системных и трансграничных рисков [4].

Заключение. Проведённое исследование позволило развить информационно-логистический подход к предупреждению ЧС применительно к современным системным и каскадным рискам.

Установлено, что оценка таких рисков должна учитывать не только характеристики исходной опасности, но и уязвимость взаимосвязанных систем, структуру их зависимостей и возможные сценарии распространения вторичных последствий.

Разработана концептуальная модель информационно-логистического управления системными и каскадными рисками, объединяющая получение и верификацию данных, научную оценку риска, моделирование каскадных сценариев, информационно-логистическое обеспечение управленческих решений, реализацию превентивных действий и обратную связь.

Развиты положения информационной логистики ЧС в части преобразования разнородной информации о взаимосвязанных рисках в информационный ресурс, ориентированный на своевременное принятие превентивных решений, снижение уязвимости и повышение устойчивости населения, территорий и критической инфраструктуры.

Предложено распространение принципов информационной логистики на международное научно-информационное взаимодействие при системных и трансграничных рисках, включая обмен и интеграцию данных, совместную оценку рисков и подготовку научно обоснованных рекомендаций.

Список литературы

1. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). Managing systemic risk in emergency management, organizational resilience and climate change adaptation. Geneva: UNDRR, 2022.
2. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2025: Resilience Pays: Financing and Investing for Our Future. Geneva: UNDRR, 2025.
3. World Meteorological Organization (WMO). State of the Climate in Asia 2025. Geneva: WMO, 2026.
4. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Geneva: United Nations, 2015.
5. Шарипханов С.Д. Информационная логистика чрезвычайных ситуаций как методическая основа управления рисками в природной и техногенной сферах локального уровня // Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева. – 2009. – № 5. – С. 111–116.
6. Шарипханов С.Д. Разработка информационной логистики чрезвычайных ситуаций: дис. ... д-ра техн. наук: 05.26.02 – Безопасность в чрезвычайных ситуациях. – Алматы: Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, 2010.
7. Шарипханов С.Д., Раимбеков К.Ж., Дабаев А.И. Пространственно-временной анализ природных пожаров в Республике Казахстан: уязвимые регионы и приоритеты государственного реагирования // Наука и образование в гражданской защите. – 2025. – № 2 (58). – С. 35–45.
8. Шарипханов С.Д., Муканов А.К., Дабаев А.И., Несипова С.С., Мусабекова А.С. Развитие научных подходов к оценке и управлению радиационными рисками в системе гражданской защиты Республики Казахстан // Наука и образование в гражданской защите. 2026. – № 2 (62). – С. 6-16.
9. Barquet K. et al. Conceptualising multiple hazards and cascading effects on critical infrastructures // Disasters. 2024. DOI: 10.1111/disa.12591.
10. Lu X. et al. Cascading failures and disaster chains in interdependent infrastructure systems // Journal of Infrastructure Intelligence and Resilience. 2025. DOI: 10.1016/j.iintel.2025.100157.
11. Critical infrastructure resilience under compounding threats: A systematic approach // Progress in Disaster Science. 2022. DOI: 10.1016/j.pdisas.2022.100244.

References

1. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). Managing systemic risk in emergency management, organizational resilience and climate change adaptation. Geneva: UNDRR, 2022.
2. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2025: Resilience Pays: Financing and Investing for Our Future. Geneva: UNDRR, 2025.
3. World Meteorological Organization (WMO). State of the Climate in Asia 2025. Geneva: WMO, 2026.
4. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Geneva: United Nations, 2015.

5. Shariphanov S.D. Informacionnaja logistika chrezvychajnyh situacij kak metodicheskaja osnova upravlenija riskami v prirodnoj i tehnogennoj sferah lokal'nogo urovnja // Vestnik KazNTU im. K.I. Satpaeva. – 2009. – № 5. – S. 111–116.

6. Shariphanov S.D. Razrabotka informacionnoj logistiki chrezvychajnyh situacij: dis. ... d-ra tehn. nauk: 05.26.02 – Bezopasnost' v chrezvychajnyh situacijah. – Almaty: Kazahskij nacional'nyj tehničeskij universitet imeni K.I. Satpaeva, 2010.

7. Shariphanov S.D., Raimbekov K.Zh., Dabaev A.I. Prostranstvenno-vremennoj analiz prirodnyh pozharov v Respublike Kazahstan: ujazvimye regiony i priority gosudarstvennogo reagirovanija // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashhite. – 2025. – № 2 (58). – S. 35–45.

8. Shariphanov S.D., Mukanov A.K., Dabaev A.I., Nesipova S.S., Musabekova A.S. Razvitie nauchnyh podhodov k ocenke i upravleniju radiacionnymi riskami v sisteme grazhdanskoj zashhity Respubliki Kazahstan // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashhite. 2026. – № 2 (62). – S. 6–16.

9. Barquet K. et al. Conceptualising multiple hazards and cascading effects on critical infrastructures // Disasters. 2024. DOI: 10.1111/disa.12591.

10. Lu X. et al. Cascading failures and disaster chains in interdependent infrastructure systems // Journal of Infrastructure Intelligence and Resilience. 2025. DOI: 10.1016/j.iintel.2025.100157.

11. Critical infrastructure resilience under compounding threats: A systematic approach // Progress in Disaster Science. 2022. DOI: 10.1016/j.pdisas.2022.100244.

С. Д. Шәріпханов¹, А. Т. Абдықалыков¹, Е. Н. Аманбаев², С. Ғ. Ғаббасов³,
А. С. Мусабекова¹, С. С. Несіпова¹

¹Азаматтық қорғау және еңбекті қорғау саласындағы Қазақстандық ғылыми-зерттеу,
оқыту орталығы, Астана, Қазақстан

²Қазақстан Республикасының Ұлттық қорғаныс университеті, Астана, Қазақстан

³С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ ЖҮЙЕЛІК ЖӘНЕ КАСКАДТЫҚ ТӘУЕКЕЛДЕРІ: БАҒАЛАУ МЕН АЛДЫН АЛУДАҒЫ АҚПАРАТТЫҚ-ЛОГИСТИКАЛЫҚ ТӘСІЛДІ ДАМУ

Аңдатпа. Мақалада жүйелік және каскадтық тәуекелдердің қалыптасуы жағдайында төтенше жағдайларды бағалау мен алдын алудағы ақпараттық-логистикалық тәсілді дамыту қарастырылады. Табиғи, техногендік, инфрақұрылымдық, цифрлық және әлеуметтік жүйелердің өзара тәуелділігі жекелеген қауіптерді талдаудан жүйеаралық байланыстарды және салдардың ықтимал таралу сценарийлерін бағалауға көшуді талап ететіні көрсетілген. Төтенше жағдайлардың ақпараттық логистикасының бұрын әзірленген қағидалары негізінде деректерді алу мен верификациялауды, жүйелік тәуекелді бағалауды, каскадтық сценарийлерді модельдеуді, басқарушылық шешімдерді ақпараттық-логистикалық қамтамасыз етуді, превентивтік іс-қимылдарды іске асыруды және кері байланысты біріктіретін тұжырымдамалық модель ұсынылған. Аталған тәсілді халықтың, аумақтардың және аса маңызды инфрақұрылымның осалдығын төмендету мен орнықтылығын арттыру, сондай-ақ жүйелік және трансшекаралық тәуекелдер жағдайында халықаралық ғылыми-ақпараттық өзара іс-қимылды дамыту үшін қолдану мүмкіндігі негізделген.

Түйінді сөздер: жүйелік тәуекел, каскадтық тәуекел, төтенше жағдай, ақпараттық логистика, төтенше жағдайлардың алдын алу, аса маңызды инфрақұрылым, превентивтік басқару, орнықтылық.

S. D. Sharipkhanov¹, A. T. Abdykalykov¹, E. N. Amanbayev², S. G. Gabbasov³,
A. S. Musabekova¹, S. S. Nesipova¹

¹*Kazakhstan Scientific Research and Training Center for Civil Protection and Labor Protection,
Astana, Kazakhstan, Astana, Kazakhstan*

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

³*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan*

SYSTEMIC AND CASCADING RISKS OF EMERGENCIES: DEVELOPMENT OF AN INFORMATION-LOGISTICS APPROACH TO RISK ASSESSMENT AND PREVENTION

Abstract. The article examines the development of an information-logistics approach to the assessment and prevention of emergencies in the context of emerging systemic and cascading risks. It is shown that the interdependence of natural, technological, infrastructural, digital, and social systems requires a transition from the analysis of individual hazards to the assessment of intersystem dependencies and potential scenarios of cascading consequences. Based on the previously developed principles of emergency information logistics, a conceptual model is proposed that integrates data acquisition and verification, systemic risk assessment, cascading scenario modelling, information-logistics support for management decisions, implementation of preventive actions, and feedback. The applicability of this approach to reducing vulnerability and enhancing the resilience of populations, territories, and critical infrastructure, as well as to developing international scientific and information cooperation in addressing systemic and transboundary risks, is substantiated.

Keywords: systemic risk, cascading risk, emergency, information logistics, emergency prevention, critical infrastructure, preventive management, resilience.

Сведения об авторах / Information about the authors

Шарипханов Сырым Дюсенгазиевич – доктор технических наук, асс. профессор (доцент), ведущий научный сотрудник Казахстанского научно-исследовательского, обучающего центра в области гражданской защиты и охраны труда, Астана, Казахстан. E-mail: info@kaznioc.kz

Абдыкалыков Арман Тлеулесович – кандидат технических наук, асс. профессор (доцент), научный сотрудник Казахстанского научно-исследовательского, обучающего центра в области гражданской защиты и охраны труда, Астана, Казахстан. E-mail: info@kaznioc.kz

Аманбаев Ержан Назипович – магистр, старший преподаватель кафедры оперативного искусства и военной истории, Национальный университет обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан

Габбасов Сырым Габбасович – кандидат технических наук, горный инженер, действительный член Всемирной Академии Наук комплексной безопасности, член Совета директоров АО «Национальный центр научных исследований, подготовки и обучения в сфере гражданской защиты» Министерства по чрезвычайным ситуациям, изобретатель, старший преподаватель кафедры «Геодезия и картография» НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина», Астана, Казахстан. E-mail: gabbasov57@bk.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, Kazakhstan Scientific Research and Training Center for Civil Protection and Labor Protection, Astana, Kazakhstan. E-mail: info@kaznioc.kz

Arman T. Abdykalykov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazakhstan Scientific Research and Training Center for Civil Protection and Labor Protection, Astana, Kazakhstan. E-mail: info@kaznioc.kz

Erzhan N. Amanbayev – Master's degree holder, Senior Lecturer at the Department of Operational Art and Military History, Colonel (Reserve), National Defense University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan

Syrym G. Gabbasov – Mining engineer, Candidate of technical sciences, Full Member of the World Academy of Sciences for complex security, Member of the Board of directors of JSC «National center for scientific research, training and education in the field of civil protection», inventor, senior lecturer at the Department of "Geodesy and cartography", Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan. E-mail: gabbasov57@bk.ru

Saltanat S. Nesipova – Master of Technical Sciences, Kazakhstan Scientific Research and Training Center for Civil Protection and Labor Protection, Astana, Kazakhstan. E-mail: info@kaznioc.kz

Aliya S. Musabekova – Master of Science in Chemistry (MSc), Kazakhstan Scientific Research and Training Center for Civil Protection and Labor Protection, Astana, Kazakhstan. E-mail: info@kaznioc.kz

УДК 614.842.4
МРНТИ 81.35.23

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

¹*ТОО «GFP Science», Алматы, Казахстан*

²*ТОО "Global Fire Protection", Алматы, Казахстан*

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Аннотация. В статье представлены результаты математического моделирования зон поражения тепловым излучением, с целью расчета пожарных рисков электромобилей. Определены уровни теплового воздействия на различных расстояниях от источника и их влияние на человека и материалы. Построены границы безопасных и опасных зон, что позволяет оценить потенциальные риски возникновения ожогов и воспламенения. Полученные данные могут быть использованы для проверки адекватности принятых проектных решений при разработке противопожарных мероприятий на стадии проектирования мест стоянок электромобилей и организации обеспечения безопасности людей при тушении пожаров. Учитывая предварительный характер расчетов, требуется проведение дополнительных исследований с учетом влияния окружающих факторов для повышения точности прогнозирования и практического применения.

Ключевые слова: пожар, электромобиль, пожарная опасность электромобилей, моделирование пожара, продукты сгорания аккумуляторной батареи электромобиля, тепловое воздействие, зона теплового поражения, пожарные риски

Введение

Мировым трендом развития автомобильной промышленности является развитие и внедрение на рынок легковых электромобилей. Для активизации и регулирования использования электромобилей в Казахстане был принят Закон Республики Казахстан «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам транспорта и развития инфраструктуры для электромобилей» [1]. Документ направлен на развитие и упорядочения инфраструктуры использования электромобилей. Однако вопросы обеспечения безопасности этого вида транспортных средств не нашли отражения в этом законе [1]. Вместе с тем общие подходы к обеспечению пожарной безопасности, закрепленные в нормативно-правовых актах, обязывают субъектов, осуществляющих деятельность в данной сфере, предпринимать необходимые меры, направленные на обеспечение пожарной безопасности и разрешение возникающих неопределенности.

На первом этапе Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан (МЧС РК) изучен опыт зарубежных стран по эксплуатации и хранению электромобилей, размещению их зарядных станций (США, Канада, Мексика, Нидерланды, Швейцария, Германия, Великобритания и Россия).

По результатам сформированных МЧС РК предложений, Министерством промышленности и строительства Республики Казахстан внесены изменения и дополнения в строительные нормы и своды правил по строительству в части размещения электромобилей и их зарядных станций [2], внесены изменения в Правила организации тушения пожаров [3], в части тушения пожаров (водой и

огнетушащим порошком) и проведения аварийно-спасательных работ на электромобилях и электробусах [4]. Также приказом МЧС РК [5] внесены изменения и дополнения в Правила пожарной безопасности в части возможности подзарядки электромобилей в боксах, паркингах, помещениях для стоянки транспортных средств, помещениях производственных гаражей, под навесами и на открытых площадках, а также необходимости соблюдения требований государственных нормативов при размещении электромобилей и их зарядных станций в паркингах. Принятые меры являются неотложными и первоочередными для закрытия неопределенности в нормативных документах в части обеспечения пожарной безопасности и ликвидации пожаров электромобилей.

Для определения основных направлений дальнейших исследований, необходимых для актуализации нормативных документов в сфере обеспечения пожарной безопасности на всех основных стадиях функционирования электромобилей, а именно эксплуатация, хранение и заправка, необходима методика оценки пожарных рисков. Ключевым звеном, такой методики является динамика развития пожаров. Ранее мы подробно рассмотрели особенности пожарной опасности электромобилей в сравнении с обычными автомобилями оснащенными двигателями внутреннего сгорания [6].

В рамках настоящей работы, в соответствии с поставленной задачей, мы ограничились исследованиями открыто горящего электромобиля, с целью определения безопасных расстояний от факела пламени до различных потенциальных объектов риска, другими словами, определения критериев выбора такой площадки. К потенциальным объектам риска относятся люди, участвующие в тушении пожара, граждане и персонал объекта, смежные здания и сооружения, а также пожарные и иные автомобили. Определение безопасных расстояний до пожарных машин позволит осуществить проектирование пожарных гидрантов и места для размещения пожарного автомобиля.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

При пожаре на открытом пространстве наибольшую опасность представляет такой опасный фактор пожара, как тепловое излучение факела пламени.

В общем виде существуют две модели тепловых источников открытых пожаров углеводородов: точечная модель и модель поверхностно–объемного источника излучения. Точечная модель принимается в случаях, когда размеры источника излучения несоизмеримо малы по сравнению с расстоянием между объектами, участвующими в теплообмене, и форма факела не имеет решающего значения.

В пределах безопасных расстояний от горящего электромобиля необходимо использовать модель поверхностно-объемного излучателя. Воспользуемся методикой расчета изложенной в [7].

Интенсивность теплового излучения q (кВт/м^2), от факела открыто горящего электромобиля [7].

$$q = E_f \times F_q \times \tau \quad (1)$$

где E_f - среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени, кВт/м^2 ;
 F_q - угловой коэффициент облученности;
 τ - коэффициент пропускания атмосферы.

Значение E_f принимают на основе имеющихся экспериментальных данных или по таблице В.4 приведенной в [7]. Особенности горения силовой аккумуляторной батареи заключается в том, что ее продуктами горения являются пожароопасные и высокотоксичные газы.

Рассмотрим характеристики основных продуктов сгорания аккумуляторной батареи электромобиля по справочным данным [8].

Водород. Физико-химические свойства: Мол. масса 2,016; т-ра кипения $-252,8\text{ }^{\circ}\text{C}$; плотность по воздуху 0,0695; вязкость 8800 кПа·с при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$; коэф. диф. в воздух $0,68\text{ см}^2/\text{с}$; тепл. сгор. - 241,6 кДж/моль; в воде малорастворим.

Пожароопасные свойства: Горючий газ. Т-ра самовоспл. $510\text{ }^{\circ}\text{C}$; конц. пределы распр. пл. 4,12 - 75,0 % об. в воздухе, 4,1 - 96 % об. в кислороде; миним. энергия зажигания 0,017 мДж; макс. норм. скорость распр. пл. 2,7 м/с; макс. давл. взрыва 730 кПа; критический диаметр 0,6-10-3 м; МВСК при разбавлении азотом 5 % об., диоксидом углерода 7,9 % об. При истечении газообразного или испарении жидкого водорода в атмосферу в создании взрывоопасного облака участвует не более 50 % водорода. Наиболее эффективным средством флегматизации водородо-воздушной смеси является комбинированный состав, содержащий 85 % масс. диоксида углерода и 15 % масс. хладона 114В2. Флегматизирующая концентрация этого состава, диоксида углерода и азота соответственно равны 32; 62 и 76 % об. Для прекращения диффузионного горения водорода, истекающего из трубопровода со скоростью 10 м/с, необходимо его разбавить 10-кратным объемом азота.

Метан. Физико-химические свойства: Бесцветный газ. Мол. масса 16,04; плотность. 0,7168 кг/м³ при 0°C ; т-ра кипения $161,58^{\circ}\text{C}$; $l_{\text{гр}} = 5,68923 - 380,224/(264,804 + t)$ при т-ре от -182 до -162°C ; коэф. диф. газа в воздухе $0,196\text{ см}^2/\text{с}$; тепл. образ. $-74,8\text{ кДж/моль}$; тепл. сгор. -802 кДж/моль .

Пожароопасные свойства: Горючий газ. Т-ра самовоспл. 535°C ; конц. пределы распр. пл.: в воздухе 5,28-14,1 % об., в кислороде 5,1-61 % об., в гемеоксиде азота 4,3-22,9 % об., в оксиде азота 8,6-21,7 % об., в хлоре 5,6-70 % об.; макс. давл. взрыва 706 кПа; макс. скорость нарастания давл. 18 МПа/с; норм. скорость распр. пл. 0,338 м/с; миним. энергия зажигания 0,28 мДж в воздухе и 0,0027 мДж в кислороде; миним. флегм. конц. разбавителя, % об.: N 37, H₂O 29, CO₂ 24, Ag 51, H₂ 39, CCl₄ 13; МВСК 11 % об. Средства тушения: Инертные газы.

Окись углерода. Окись углерода — это газ, который образуется в качестве продукта неполного сгорания углерода из органических веществ, таких как масло, нефть и её производные, древесина, природный и промышленный газ, взрывчатые вещества, уголь или кокс. В процессе сгорания избыток углерода способствует образованию СО, и, если кислорода больше, полностью окисляется, образуется углекислый газ (СО₂). Окись углерода может образовываться всякий раз, когда пламя касается поверхности, температура которой ниже температуры воспламенения газовой части этого пламени, состояние в живом организме, возникшее в результате вдыхания опасных концентраций окиси углерода (СО) в быту, на улице, в транспорте, промышленности и сельском хозяйстве, из-за очень широкого использования углеродного топлива, а также сильных лесных пожаров. Из-за сильной цитотоксичности для живых существ СО относится к группе химических загрязнителей и крупнейших загрязнителей воздуха. Его токсический эффект

проявляется очень быстро даже при крайне низких концентрациях. Таким образом, воздействие концентраций окиси углерода от 100 и выше ppm сопровождается симптомами острого или хронического отравления, с возможными тяжёлыми последствиями для здоровья человека. Смертельная доза СО для человека составляет 1000–2000 ppm (0,1–0,2 %) при вдыхании газа в течение 30 минут. При высоких концентрациях окиси углерода во вдыхаемом воздухе смерть может произойти во время ингаляции в течение 1-2 минут.

Фтористый водород. Фтористый водород HF (фтороводород, фторид водорода, гидрофторид) — бесцветный газ или легко испаряющаяся жидкость с очень резким запахом. На воздухе дымится из-за взаимодействия с водой. В безводном состоянии фтороводород химически инертен. В присутствии воды он проявляет сильные окислительные свойства и активно реагирует с большинством веществ, включая даже хлористый водород, который и сам является сильным окислителем. Фтористый водород (гидрофторид) обладает резким запахом, очень ядовит, дымит на воздухе (вследствие образования с парами воды мелких капелек раствора) и сильно разъедает стенки дыхательных путей. Фтороводород обладает слабыми наркотическими свойствами. Как и некоторые другие производные фтора, HF высокоопасен в обращении.

Цианистый водород. Синильная кислота очень токсична и смертельно ядовита. Является веществом, вызывающим кислородное голодание тканевого типа. При этом наблюдается высокое содержание кислорода как в артериальной, так и в венозной крови и уменьшение, таким образом, артериовенозной разницы, резкое понижение потребления кислорода тканями с уменьшением образования в них углекислоты. Синильная кислота и её соли, растворённые в крови, достигают тканей, где вступают во взаимодействие с трёхвалентной формой железа цитохромоксидазы. Соединившись с цианидом, цитохромоксидаза теряет способность переносить электроны на молекулярный кислород. Вследствие выхода из строя конечного звена окисления блокируется вся дыхательная цепь и развивается тканевая гипоксия. С артериальной кровью кислород доставляется к тканям в достаточном количестве, но не усваивается ими и переходит в неизменённом виде в венозное русло. Одновременно нарушаются процессы образования макроэргов, необходимых для нормальной деятельности различных органов и систем. Активизируется гликолиз, то есть обмен с аэробного перестраивается на анаэробный. Также подавляется активность и других ферментов — каталазы, пероксидазы, лактатдегидрогеназы. Была обнаружена ототоксичность (возможность ухудшать слух) цианистого водорода при одновременном воздействии с источниками шума, однако в тишине изменений слуха обнаружено не было.

Впервые в роли боевого отравляющего вещества синильная кислота была использована французской армией 1 июля 1916 года на реке Сомме. Однако из-за отсутствия кумулятивных свойств и малой стойкости на местности её последующее использование в этом качестве прекратилось.

Синильная кислота являлась основной составляющей препарата «Циклон Б», который был наиболее популярным в Европе во время Второй мировой войны инсектицидом, а также использовался нацистами для убийства людей в концентрационных лагерях. В некоторых штатах США синильная кислота

использовалась в газовых камерах в качестве отравляющего вещества при исполнении приговоров смертной казни; в последний раз это было сделано в Аризоне в 1999 году. Смерть, как правило, наступает в течение 5-15 минут.

В рамках настоящей работы нас интересует излучение струи выходящего из аварийного аккумулятора и воспламенённого газа. В качестве основного продукта горения, определяющего тепловой излучения пламени, принимаем метан. Для метана среднеповерхностная плотность излучения пламени составит 220 кВт/м².

Угловой коэффициент облученности F_q определяют по формуле:

$$F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} \quad (2)$$

где F_v , F_H - факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок соответственно, определяемые для площадок, расположенных в 90° секторе в направлении наклона пламени, по формулам (3) и (4):

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \arctg D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1+a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctg \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \cdot \left[\arctg \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctg \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \right\} \quad (3)$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctg \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \cdot \left[\arctg \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctg \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot (b+1) \cdot a \cdot b \cdot \sin \theta}{A \cdot B} \right] \cdot \arctg \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} \quad (4)$$

$$a = \frac{2 \cdot L}{d} \quad (5)$$

$$b = \frac{2 \cdot X}{d} \quad (6)$$

$$A = \sqrt{(a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot a \cdot (b+1) \cdot \sin \theta)} \quad (7)$$

$$B = \sqrt{(a^2 + (b-1)^2 - 2 \cdot a \cdot (b-1) \cdot \sin \theta)} \quad (8)$$

$$C = \sqrt{(1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta)} \quad (9)$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{b-1}{b+1} \right)} \quad (10)$$

$$E = \frac{a \cdot \cos \theta}{b - a \cdot \sin \theta} \quad (11)$$

$$F = \sqrt{(b^2 - 1)} \quad (12)$$

где X - расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта, м;
 d - эффективный диаметр пролива, м;
 L - длина пламени, м;
 θ - угол отклонения пламени от вертикали под действием ветра.

Для площадок, расположенных вне указанного сектора, а также в случаях отсутствия ветра, факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок определяют по формулам (3) - (6) принимая $\theta = 0$.

Изучение ряда фото-видео материалов и реальных пожаров ЭМ, а также публикаций научно-технического характера [8] позволили определить типовой сценарий пожара и его эскалацию. Условно пожар можно разделить на три стадии.

Первая стадия развития пожара. Эту стадию можно определить как начальную. После термического разгона аккумулятора происходит выделение большого количества горючих газов и паров и как следствие повышение давления в ячейке аккумулятора. Через предохранительный клапан струя горящего газа под давлением выходит наружу. Здесь возможны два варианта развития событий. Если в результате теплового разгона температура превысила температуру самовоспламенения либо в результате механического повреждения аккумулятора происходит воспламенение горючей смеси электрической искрой, то уже в начальной стадии пожара из аварийного аккумулятора будет выходить струя пламени. Считается, что самовозгорание электромобиля начинается, когда температура внутри аккумулятора достигает 180–200°C [9]. При такой температуре материал катода, обычно представляющий собой оксид переходных металлов со встроенным в кристалл литием, вступает в реакцию диспропорционирования и выделяет кислород, что и вызывает самовозгорание и ещё более резкий скачок температуры. В тоже время, имеют место случаи, когда при аварии вначале совершается выход струи газа, происходит загазованность местности, далее от постороннего источника зажигания газопаровое облако воспламеняется, происходит вспышка и возникает горение струи выходящего газа. Вектор оси струи пламени зависит от местоположения горячей ячейки и практически может быть направлена в любую сторону. Длина струи пламени может достигать 6-8 метров. Горящий аккумулятор инициирует горение салона и корпуса ЭМ. Пламя имеет характер струйного пожара, и может быть аппроксимировано конусом, который может быть как горизонтальным, так и вертикальным или под любым другим углом к горизонту. Поскольку ориентация струи пожара в пространстве не определена, то интегральная (усредненная во времени) форма факела будет иметь вид сферического сегмента высотой 6-8 метра с таким же радиусом.

Вторая стадия развития пожара. Эту стадию мы определим как стадию эскалации пожара. Происходит традиционное горение автомобиля, усугубляемое периодическим выбросом струи пламени из очередной, последовательно воспламеняемой аварийной ячейки. Поскольку температура аккумулятора значительно повысилась вследствие теплового воздействия пламени пожара, то давление выходящих паров и газов приводит к их выбросу, а скорость их истечения превышает скорость распространения пламени, поэтому происходит вспышка выходящих продуктов сгорания, высота пламени превышает 20 метров, а диаметр очага около 8-10 метров. Такая вспышка длится от 1 до 3 секунд. С учетом настоящих данных мы принимаем излучающую поверхность в форме усеченного конуса. После завершения вспышки устанавливается струйное горение характерное для первой стадии.

Третья стадия развития пожара. Стадия установившегося пожара с постепенным затуханием. Интенсивность горения корпуса ЭМ уменьшается. Прекращается инициирование пожара вспышки, понижается длина струйного горения аккумулятора. Форма факела имеет ту же конфигурацию, что и при первой стадии.

Таким образом эффективный диаметр очага горения принимаем 10 метров.

Длину пламени L принимаем 20 м.

Параметр u_* определяют по формуле (13)

$$u_* = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m' \cdot g \cdot d}{\rho_{\text{п}}}}} \quad (13)$$

где w_0 - скорость ветра, м/с;

m' - удельная массовая скорость выгорания топлива, кг/(м²·с);

g - ускорение свободного падения ($g = 9,81$ м/с²);

d - эффективный диаметр пролива, м;

$\rho_{\text{п}}$ - плотность насыщенных паров топлива при температуре кипения, кг/м³.

Угол отклонения пламени от вертикали под действием ветра θ определяют по формуле (14)

$$\cos \theta = \begin{cases} 1, & \text{при } u_* < 1 \\ u_*^{-0.5}, & \text{при } u_* \geq 1 \end{cases} \quad (14)$$

Коэффициент пропускания атмосферы τ для пожара пролива определяют по формуле (15)

$$\tau = \exp[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X + 0.5 \cdot d)] \quad (15)$$

где X - расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта, м;

d - эффективный диаметр пролива, м.

РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В результате математического моделирования были получены значения теплового излучения q_{CR} на различных расстояниях от источника, соответствующие разным степеням поражения. Данные расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные значения теплового излучения и соответствующие им расстояния

Степень поражения	q_{CR} , кВт/м ²	Расстояние, м
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4	52,37
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2	28,52
Непереносимая боль через 20 - 30 с	7,0	20,68
Ожог 1 степени через 15 - 20 с		
Ожог 2 степени через 30 - 40 с		
Непереносимая боль через 3 – 5 с	10,5	15,54
Ожог 1 степени через 6 - 8 с		
Ожог 2 степени через 12 - 16 с		
Воспламенение древесины	13,9	12,5
Воспламенение резины	14,8	11,89

Анализ полученных данных показывает, что зона безопасного пребывания человека без защитной одежды ($q_{CR} \leq 1,4 \text{ кВт/м}^2$) начинается на расстоянии 52,37 м от источника. При увеличении интенсивности теплового излучения до $4,2 \text{ кВт/м}^2$ (28,52 м) пребывание человека возможно только в брезентовой одежде без угрозы для здоровья.

При уровнях излучения $7,0\text{--}10,5 \text{ кВт/м}^2$ наблюдается непереносимая боль через короткие промежутки времени (от 3 до 30 секунд), что делает пребывание в данной зоне опасным без специализированной защиты. Более высокие уровни излучения ($13,9\text{--}14,8 \text{ кВт/м}^2$) приводят к воспламенению древесины и резины, что свидетельствует о высокой вероятности пожароопасной ситуации вблизи источника.

Таким образом, полученные результаты позволяют определить безопасные и опасные зоны воздействия теплового излучения при пожаре электромобиля, что может быть использовано при проектировании мест для эвакуации горящего электромобиля, разработке мер защиты и планировании мероприятий по пожаротушению.

На рисунке 1 приведен график зон поражения тепловым излучением, иллюстрирующая распределение уровней теплового воздействия в зависимости от расстояния.

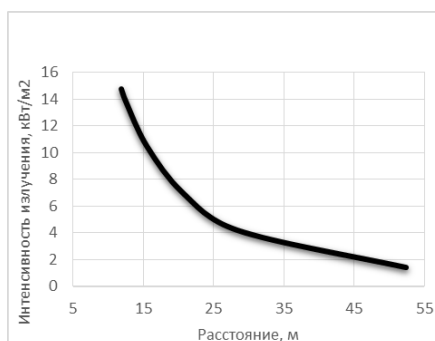


Рисунок 1 – График распределения уровней теплового излучения в зависимости от расстояния

Заключение

Проведенное математическое моделирование позволило количественно определить зоны теплового поражения в зависимости от интенсивности излучения при струйном горении силового аккумулятора ЭМ. Установлено, что безопасное пребывание возможно на расстояниях свыше 52,37 м, тогда как на расстояниях менее 15 м наблюдается высокий риск получения ожогов второй степени и воспламенения материалов. Полученные данные могут быть использованы при разработке противопожарных мероприятий на стадии проектирования и планировании мероприятий по пожаротушению.

Следует отметить, что представленные результаты являются предварительными и данный вопрос требует дальнейших исследований, в том числе проведения натурных испытаний. Проведение дополнительных исследований с учетом различных факторов, таких как влияние атмосферных условий, материалов окружающей среды и динамики тепловых потоков, позволит повысить точность расчетов и обеспечить более надежные рекомендации для практического применения.

Список литературы

1. Республика Казахстан. Закон РК. О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам транспорта и развития инфраструктуры для электромобилей: принят 18 июля 2024 года № 126-VIII ЗРК.
2. Приказ и.о. Председателя Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства промышленности и строительства Республики Казахстан от 19 апреля 2024 года № 68-НК «О внесении изменений и дополнений в государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства в части размещения зарядных станций электромобилей».
3. Приказ Министра внутренних дел Республики Казахстан от 26 июня 2017 года № 446 «Об утверждении Правил организации тушения пожаров».
4. Приказ Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан от 7 июня 2024 года № 217 «О внесении изменений и дополнений в приказ Министра внутренних дел Республики Казахстан от 26 июня 2017 года № 446 «Об утверждении Правил организации тушения пожаров».
5. Приказ Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан от 15 августа 2024 года № 321 «О внесении изменений и дополнений в приказ Министра по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан от 21 февраля 2022 года № 55 «Об утверждении Правил пожарной безопасности».
6. Аубакиров С.Г., Джумагалиев Р.М., Клышбаев М.Б. Сравнительный анализ пожарной опасности электромобилей // Сборник тезисов и докладов XV Междунар. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций». – Кокшетау: АГЗ им. М. Габдуллина МЧС РК, 2024. – С. 51-69.
7. СТ РК 3019-2017 «Безопасность пожарная. Оценка пожарного риска. Метод определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».
8. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2 ч. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пожнаука, 2004. Ч. 1. – 713 с.
9. Sun P, Bisschop R, Niu H, Huang X (2019) A review of battery fires in electric vehicles. Fire Technol.
10. Харламенков А.С. Пожарная опасность применения литий-ионных аккумуляторов в России // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. – 2022. – № 31(3) – С. 96-102.

References

1. Respublika Kazahstan. Zakon RK. O vnesenii izmenenij i dopolnenij v nekotorye zakonodatel'nye akty Respubliki Kazahstan po voprosam transporta i razvitiya infrastruktury dlya elektromobilej: prinyat 18 iyulya 2024 goda № 126-VIII ZRK.
2. Prikaz i.o. Predsedatelya Komiteta po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva Ministerstva promyshlennosti i stroitel'stva Respubliki Kazahstan ot 19 aprelya 2024 goda № 68-NK «O vnesenii izmenenij i dopolnenij v gosudarstvennye normativy v oblasti arhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'stva v chasti razmeshcheniya zaryadnyh stancij elektromobilej».
3. Prikaz Ministra vnutrennih del Respubliki Kazahstan ot 26 iyunya 2017 goda № 446 «Ob utverzhdenii Pravil organizacii tusheniya pozharov».
4. Prikaz Ministra po chrezvychajnym situacijam Respubliki Kazahstan ot 7 iyunya 2024 goda № 217 «O vnesenii izmenenij i dopolnenij v prikaz Ministra vnutrennih del Respubliki Kazahstan ot 26 iyunya 2017 goda № 446 «Ob utverzhdenii Pravil organizacii tusheniya pozharov».

5. Prikaz Ministra po chrezvychajnym situacijam Respubliki Kazahstan ot 15 avgusta 2024 goda № 321 «O vnesenii izmenenij i dopolnenij v prikaz Ministra po chrezvychajnym situacijam Respubliki Kazahstan ot 21 fevralya 2022 goda № 55 «Ob utverzhdenii Pravil pozharnoj bezopasnosti».

6. Aubakirov S.G., Dzhumagaliev R.M., Klyshbaev M.B. Sravnitel'nyj analiz pozharnoj opasnosti elektromobilej // Sbornik tezisev i dokladov XV Mezhdunar. nauchno-prakt. konf. «Aktual'nye problemy pozharnoj bezopasnosti, preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij». – Kokshetau: AGZ im. M. Gabdullina MCHS RK, 2024. – S. 51-69.

7. ST RK 3019-2017 «Bezopasnost' pozhar'naya. Ocenka pozhar'nogo riska. Metod opredeleniya raschetnyh velichin pozhar'nogo riska na proizvodstvennyh ob'ektah».

8. Korol'chenko A.Ya., Korol'chenko D.A. Pozharovzryvopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya. Spravochnik: v 2 ch. 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Pozhnauka, 2004. Ch. 1. – 713 s.

9. Sun P, Bisschop R, Niu H, Huang X (2019) A review of battery fires in electric vehicles. Fire Technol.

10. Harlamenkov A.S. Pozhar'naya opasnost' primeneniya litij-ionnyh akkumulyatorov v Rossii // Pozharovzryvbezopasnost' / Fire and Explosion Safety. – 2022. – № 31(3) – S. 96-102.

Р. М. Джумагалиев¹, О. К. Қоқушев², Т. Р. Джумагалиев¹, М. Б. Қлышбаев²

¹«Gfp Science» ЖШС, Алматы, Қазақстан

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

ЭЛЕКТРОМОБИЛЬДЕРДІҢ ӨРТ ТӘУЕКЕЛДЕРІН БАҒАЛАУ ТУРАЛЫ МӘСЕЛЕГЕ

Аңдатпа. Мақалада электромобильдердің өрт қаупін есептеу мақсатында жылу сәулеленуінің зақымдану аймақтарын математикалық модельдеу нәтижелері келтірілген. Көзден әр түрлі қашықтықтағы жылу әсерінің деңгейлері және олардың адамдар мен материалдарға әсері анықталды. Қауіпсіз және қауіпті аймақтардың шекаралары салынды, бұл күйік пен тұтанудың ықтимал қаупін бағалауға мүмкіндік береді. Алынған деректер электромобильдердің тұрақ орындарын жобалау сатысында өртке қарсы іс-шараларды әзірлеу кезінде қабылданған жобалық шешімдердің барабарлығын тексеру және өртті сөндіру кезінде адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз етуді ұйымдастыру үшін пайдаланылуы мүмкін. Есептеулердің алдын-ала сипатын ескере отырып, болжау мен практикалық қолданудың дәлдігін арттыру үшін қоршаған факторлардың әсерін ескере отырып, қосымша зерттеулер жүргізу қажет.

Түйінді сөздер: өрт, электромобиль, электромобильдердің өрт қаупі, өртті модельдеу, аккумулятордың жану өнімдері электромобиль

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

¹TOO "GFP Science", Almaty, Kazakhstan

²TOO "Global Fire Protection", Almaty, Kazakhstan

PROBLEMS OF ASSESSING INDIVIDUAL FIRE RISK AT THE DESIGN STAGE ON THE ISSUE OF ASSESSING FIRE RISKS OF ELECTRIC VEHICLES

Abstract. The article presents the results of mathematical modeling of heat radiation zones in order to calculate the fire risks of electric vehicles. The levels of thermal exposure at different distances from the source and their impact on humans and materials are determined. The boundaries

of safe and hazardous zones are constructed, which allows for the assessment of potential risks of burns and ignition. The obtained data can be used to verify the adequacy of the adopted design solutions during the development of fire prevention measures at the stage of designing parking areas for electric vehicles and ensuring the safety of people during firefighting. Given the preliminary nature of the calculations, additional research is required to take into account the influence of environmental factors in order to improve the accuracy of forecasting and practical application.

Keywords: fire, electric vehicle, fire hazard of electric vehicles, fire simulation, combustion products of an electric vehicle battery, thermal effects, thermal damage zones, fire risks.

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>

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>

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>

UDC: 355/359-/5/-9
MPHTI 81.33.29; 36.23.27

U. A. Sadiq-zada

SOCAR Downstream Azerkimya IB "Ethylene-polyethylene" plant, Baku, Azerbaijan

APPLICATION OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES TO MODEL THE RADIATION SITUATION AND SUPPORT EMERGENCY RESCUE OPERATIONS DURING ACCIDENTS AT NUCLEAR POWER PLANTS

Abstract. This paper examines the use of geographic information systems in assessing the radiation situation, developing measures to protect the population, and organizing emergency rescue operations during accidents at nuclear power plants. It is demonstrated that the use of geographic information systems allows for a clear representation of accident consequences, predicting the spread of radioactive substances, and facilitating decision-making under time constraints. It is also noted that integrating various data (maps, contamination models, population information) facilitates a more rapid response to emergencies and reduces risks to people and rescue services.

Keywords: radiation situation, radioactive contamination, population protection, emergency rescue operations, emergencies, modeling, radiation safety, risk management.

Introduction. Modern energy is largely based on the use of organic and nuclear fuels. Despite the high efficiency of nuclear energy, accidents at nuclear power plants are accompanied by the release of radioactive substances, posing a serious threat to the population and the environment. The spread of the radioactive cloud depends on meteorological conditions and can lead to large-scale contamination of territories and radiation exposure. In emergency situations, prompt decision-making aimed at protecting the population and organizing emergency rescue operations is crucial. This requires processing significant volumes of information in a short time, which is impossible without the use of modern information technologies.

The primary energy source currently is organic fuels (coal, oil, natural gas), followed equally by hydropower and nuclear fuel. The generation of nuclear energy in nuclear power reactors at nuclear power plants is accompanied by the accumulation of radioactive substances, which pose a significant danger to the population and the environment. Radioactive substances emitted from the damaged reactor in the form of gases, vapors, and aerosols form a cloud that, spreading downwind, causes radioactive contamination of the environment and leads to radiation injuries to the population. This paper presents calculations to assess the radiation situation during the destruction of a nuclear power reactor and determines the feasibility of using new information technologies to prevent accidents at nuclear power plants [1].

Information support for emergency prevention and response measures involves processing large amounts of information, resulting in decision-making and the adoption of specific measures. Time is an important factor when assessing the situation and deciding on emergency rescue operations.

The use of modern information technologies can significantly reduce the time required to obtain and prepare data, greatly simplifying the decision-making process.

Modern information technologies offer extensive capabilities for presenting and processing data using electronic maps.

Electronic maps and plans can eliminate redundant information, which is often unnecessary, and allow for quick adjustments to the situation while simultaneously automating the emergency management process.

To determine the impact of radioactive contamination of the terrain and the ground layer of the atmosphere on the lives of the population and the conditions for rescue and other emergency operations in contaminated areas, the radiation situation is identified and assessed.

The use of geographic information systems (GIS) technologies for monitoring NPP safety will allow a visual representation of a potential emergency.

Visualization of monitoring results will provide:

- a clear representation of the facility's status and an assessment of the hazard of an NPP event by level (IAEA scale);
- a physical map of the area where the NPP is located and the formation of zones of potential radioactive contamination, taking into account the influence of local conditions (meteorological data, terrain, etc.);
- the ability to perform calculations (in text or graphic form) for any facility represented on the diagram over a wide range of scales and with any level of detail;
- determine the routes and methods for conducting emergency rescue and other urgent operations and their scope;
- calculate the deployment of RSChS forces and resources to eliminate the consequences of an emergency;
- calculate the permissible time for all types of work by civil defense units in the contaminated area, taking into account the radiation level;
- identify settlements and economic facilities that will be in the radioactive contamination zone and measures to prevent or reduce their exposure to radioactive radiation;
- define a set of measures to protect the population and territories from the harmful effects of radioactive exposure;
- identify categories of the population located in the radioactively contaminated zone that require shelter in protective structures, urgent evacuation, iodine prophylaxis for the thyroid gland, etc.;
- identify zones of radioactive contamination where radiation levels for a certain period after the accident exceed the maximum permissible level for habitation in the area;
- display and manage all of the above actions on an electronic map.

Having detailed information in the geographic information system at the initial stage of an emergency will enable emergency services and the manager to make informed decisions regarding rescue operations and mitigation. Displaying the progress of the entire ASDRMS system dynamically on the electronic map will make monitoring and adjusting decisions more realistic and timely.

The calculation of measures to protect the population as a result of an emergency at a nuclear power plant was carried out using the AGZ training manual "Methodology for Assessing the Radiation Situation During the Destruction of a Nuclear Power Reactor at a Nuclear Power Plant," Novogorsk, 1995 [2].

At 2:00 PM on April 1, as a result of an accident at the Udomlya Nuclear Power Plant in Tver Oblast, the VVER-1000 nuclear power reactor was destroyed, destroying the power unit, releasing radioactive substances into the atmosphere, and contaminating the area.

According to meteorological data, the wind speed at the vane height (10 m) is $U_0 = 5$ m/s, wind direction is $\varphi = 90^\circ$ (southeast), the weather is clear, the air temperature is $t_v = 10^\circ \text{C}$, and the degree of vertical stability of the atmosphere is isothermal.

1. Length of the radioactive contamination zone is L_x
2. The width of the zone is calculated using the formula:

$$L_y = a \times L_x \quad (1)$$

where a is a coefficient depending on the degree of vertical stability $a = 0.6$.

3. The area of radioactive contamination zones is calculated using the formula:

$$S = 0,8 \times L_x \times L_y, \text{km}^2 \quad (2)$$

The radiation level in the area after the passage of the radioactive cloud, moving in a northwesterly direction, is 500 mSv/h (50 rad/h) - zone A (Fig. 1). The dimensions of this zone are: length - 44 km from the nuclear power reactor, width - 2.6 km, and a total area of 93.2 km².

According to the basic provisions of radiation safety standards (NRB-99), the entire population is urgently evacuated from this zone, with mandatory iodine prophylaxis for the thyroid gland [2].

The dimensions of zone B (Figure 1), where the radiation level is 100 mSv/h (10 rad/h), are: length - 180 km, width - 10.8 km, area - 1555.2 km². The town of Rameshki falls within this zone.

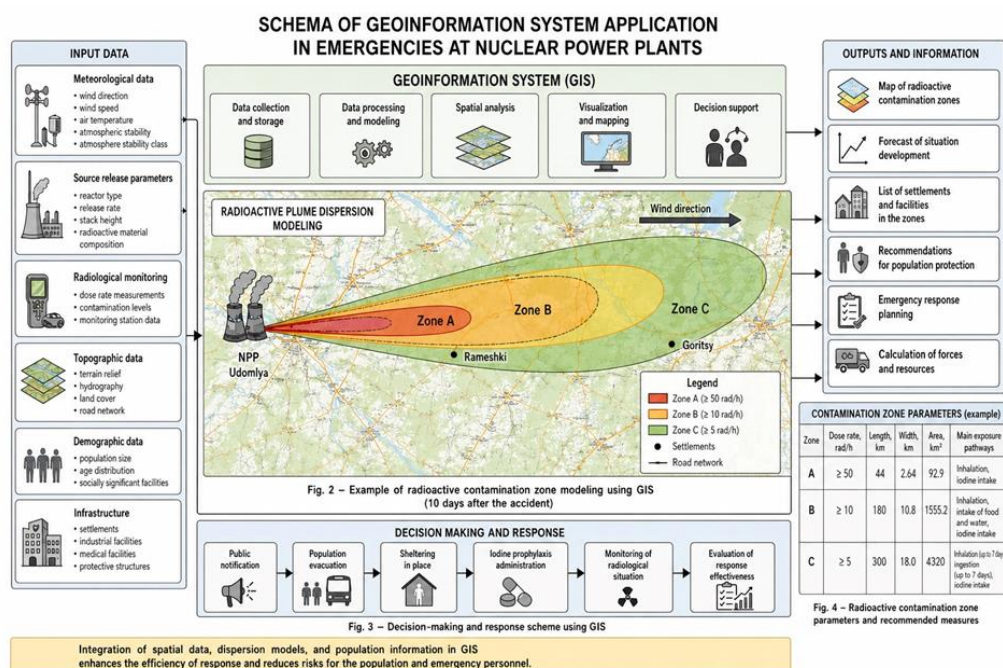


Figure 1 – Calculation of activities

An analysis of the calculations revealed that the following measures must be taken in the town of Rameshki:

1. Evacuate the population outside shelters (in open areas), pregnant women, and children, with mandatory iodine prophylaxis.
2. Evacuate pregnant women and children sheltering in the basements of single-story wooden houses.

Zone B (Figure 1), where the radiation level is 50 mSv/h, covers an area 300 km long, 18 km wide, and has a total area of 4,320 km². The town of Goritsy is located within this zone.

An analysis of the calculations revealed that the following measures must be taken in the town of Goritsy:

1. All rescue and other emergency operations in the town of Goritsy are carried out only with the use of respiratory and skin protection.
2. Populations outside shelters for more than 7 days must be placed in shelters and given iodine prophylaxis for their thyroid gland.
3. Pregnant women and children are temporarily relocated outside Zone B and receive iodine prophylaxis for their thyroid gland.

Assessing the radiation situation is an important step in planning public protection measures and organizing emergency rescue operations. It includes determining the size of radioactively contaminated zones, radiation levels, and possible consequences for the population and economic facilities [3].

The use of geographic information systems can significantly improve the effectiveness of analysis and management in emergency situations [4]. Electronic maps make it possible to display the spatial distribution of radiation contamination, taking into account terrain, meteorological conditions, and population density.

GIS technologies provide:

1. Visualization of radioactively contaminated zones;
2. Modeling the spread of the radioactive cloud;
3. Identification of populated areas within the impact zone;
4. Planning evacuation routes;
5. Calculation of the forces and resources required for emergency rescue operations;
6. Determination of the permissible time of personnel stay in the contaminated zone.

Of particular importance is the ability to quickly update data and display emergency situation dynamics in near real time. This allows for timely adjustments to decisions and improves the efficiency of resource management.

The use of GIS also facilitates the integration of various information sources, including radiation monitoring data, demographic characteristics, and the area's infrastructure. This ensures a comprehensive approach to situational assessment and decision-making.

Table 1 – Activities carried out in predicted radioactive contamination zones

Name of zone	Events held	Predicted radiation dose, rad/h	Size of zone		
			L _x , km	L _y , km	S, km ²
A	- evacuation of the population; - iodine prophylaxis of the thyroid gland.	50	44	2,64	92,9
Б	- evacuation of children and pregnant women; - evacuation of adults outside shelters; - iodine prophylaxis for thyroid gland	10	180	10,8	1555,2
В	- use of respiratory and skin protection during emergency response and other work; - shelter for people in open areas for more than 7 days; - resettlement of children and pregnant women outside the zone; - providing iodine therapy for the thyroid gland.	5	300	18	4320

Conclusion

The calculations conducted have shown that a nuclear power plant accident raises numerous challenges related to rescue, emergency recovery, and protective operations in high-radiation zones, posing risks to life and health. Moreover, measures to protect the population are of paramount importance and require prompt action.

In my opinion, the use of GIS technologies will enable management bodies and the management of potentially hazardous economic facilities to implement measures to promptly prevent and avert emergency situations, and, if they do occur, organize emergency rescue and recovery operations in the emergency zone.

The rationale for using information technology to ensure the safety of economic facilities is that new technologies provide the most universal approach to integrating the most diverse information and provide the most direct and intuitive way to search for diverse information in databases, significantly reducing the time it takes to make management decisions and increasing the likelihood of saving lives and reducing material losses.

When planning and implementing a set of protective measures, starting from the time an emergency situation is declared at the station, it is necessary to take into account local conditions and the capabilities of emergency response forces and means in each specific case.

References

1. Chernobyl disaster: causes, consequences, and lessons from the liquidation. – Moscow: Energoatomizdat, 2006.
2. Methodology for Assessing the Radiation Situation during the Destruction of a Nuclear Power Reactor at a Nuclear Power Plant. Novogorsk, 1995.
3. IAEA. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. – Vienna: IAEA, 2015.
4. Burrough P.A., McDonnell R.A. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, 1998.

Садыг-заде Ульви Адыль оглы

"Этилен-полиэтилен" SOCAR Downstream Azerkimya IB заводы, Баку, Әзірбайжан

АЭС АПАТТАРЫ КЕЗІНДЕ РАДИАЦИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙДЫ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ АВАРИЯЛЫҚ-ҚҰТҚАРУ ОПЕРАЦИЯЛАРЫН ҚОЛДАУ ҮШІН ГЕОАҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

Аңдатпа. Бұл жұмыста радиациялық жағдайды бағалау, халықты қорғау шараларын әзірлеу және атом электр станцияларындағы авариялар кезінде авариялық-құтқару жұмыстарын ұйымдастыру кезінде геоақпараттық жүйелерді қолдану қарастырылады. Геоақпараттық жүйелерді қолдану апаттың салдарын көрнекі түрде көрсетуге, радиоактивті заттардың таралуын болжауға және шектеулі уақыт жағдайында шешім қабылдауға көмектесуге мүмкіндік беретіні көрсетілген. Сондай-ақ, әртүрлі деректерді (карталар, ластану үлгілері, халық туралы ақпарат) біріктіру төтенше жағдайға тезірек жауап беруге және адамдар мен құтқару қызметтері үшін тәуекелдерді азайтуға көмектесетіні атап өтілді.

Түйінді сөздер: радиациялық жағдай, радиоактивті ластану, халықты қорғау, авариялық-құтқару операциялары, төтенше жағдайлар, модельдеу, радиациялық қауіпсіздік, тәуекелдерді басқару.

Садыг-заде Ульви Адыль оглы

Завод SOCAR Downstream Azerkimya IB "Этилен-полиэтилен", Баку, Азербайджан

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ И ПОДДЕРЖКИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ АВАРИЯХ НА АЭС

Аннотация. В данной работе рассматривается применение геоинформационных систем при оценке радиационной обстановки, разработке мер по защите населения и организации аварийно-спасательных работ при авариях на атомных электростанциях. Показано, что использование геоинформационных систем позволяет наглядно отобразить последствия аварии, спрогнозировать распространение радиоактивных веществ и помочь в принятии решений в условиях ограниченного времени. Также отмечается, что объединение различных данных (карты, модели загрязнения, информация о населении) помогает быстрее реагировать на чрезвычайную ситуацию и снижать риски для людей и спасательных служб.

Ключевые слова: радиационная обстановка, радиоактивное загрязнение, защита населения, аварийно-спасательные операции, чрезвычайные ситуации, моделирование, радиационная безопасность, управление рисками.

Авторлар туралы мәлімет / Information about the authors

U. A. Sadiq-zada – SOCAR Downstream Azerkimya IB "Ethylene-polyethylene" plant, Baku, Azerbaijan

Садыг-заде Ульви Адыль оглы – "Этилен-полиэтилен" SOCAR Downstream Azerkimya IB заводы, Баку, Әзірбайжан

УДК 614.8:355.58
МРНТИ 78.25.12

А. А. Абдрахманов, Ж. Х. Хасенов, Д. А. Дауренов, С. Н. Мусаифов

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

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ ОБОСНОВАНИЯ
РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ
УЧЕБНЫХ МЕСТ СПЕЦИАЛЬНОГО ВОЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ
СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ РАДИАЦИОННОЙ, ХИМИЧЕСКОЙ
И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ**

Аннотация. В статье представлена проблемная ситуация в области подготовки специалистов радиационной, химической и биологической защиты и определены возможные направления ее разрешения. На основе выявленного противоречия сформулирована научная гипотеза, реализация которой позволит повысить уровень подготовки специалистов для выполнения задач радиационной, химической и биологической защиты населения и территорий. Сформулирована научная задача обоснования рационального варианта технического оснащения учебных мест для подготовки специалистов в области радиационной, химической и биологической защиты и представлена ее постановка в формализованном виде. Разработана блок-схема алгоритма решения оптимизационной задачи обоснования рационального варианта технического оснащения учебных мест.

Ключевые слова: техническое оснащение учебных мест, уровень подготовки специалистов, спасательные воинские формирования, радиационная, химическая и биологическая защита, формализованная постановка задачи, частные задачи исследования.

Введение. В статье [1] был проведен анализ содержания отчетов о проведении государственной итоговой аттестации и отзывов на выпускников ряда военных образовательных организаций высшего образования, который позволил сделать вывод о том, что по отдельным направлениям деятельности уровень подготовки выпускников не в полной мере удовлетворяет квалификационным требованиям к военно-профессиональной подготовке специалистов, а степень сформированности отдельных компетенций не соответствует динамично изменяющемуся характеру задач профессиональной деятельности в современных условиях.

В работе [2] была выявлена проблемная ситуация, заключающаяся в недостаточном уровне знаний, умений и навыков выпускников Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан по некоторым направлениям подготовки в области радиационной, химической и биологической (РХБ) защиты населения. В подтверждение этому были приведены данные, свидетельствующие о том, что в ходе командно-штабных и командно-тактических учений не более 50 процентов отработываемых задач выполняется за нормативное время.

В работе [3] были проанализированы возможные направления разрешения выявленной проблемной ситуации и сделан вывод о том, что для их реализации

потребуется значительные финансовые, материальные, людские, временные и другие ресурсы. Таким образом, результаты анализа возможных направлений разрешения проблемной ситуации позволили сформулировать следующее противоречие в практике:

- с одной стороны, предложенные направления разрешения проблемной ситуации позволяют повысить уровень профессиональной подготовки специалистов в области РХБ защиты;

- с другой стороны, реализация этих направлений требует значительных финансовых, временных и других ресурсов, объем которых ограничен.

На основе выявленного противоречия может быть сформулирована научная гипотеза его разрешения, заключающаяся в том, что общий уровень подготовки специалистов в области РХБ защиты можно повысить за счет решения оптимизационной задачи, предусматривающей выбор рационального варианта технического оснащения по каждому направлению подготовки с учетом ограничений на время обучения и выделяемые финансовые ресурсы.

Формализованная постановка задачи

Исходными данными для решения данной оптимизационной задачи являются:

$B = (b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n)$ – перечень наименований направлений подготовки (учебных мест) специалистов в области РХБ защиты, где b_i – наименование i -го учебного места, $i = \overline{1, n}$, n – количество учебных мест;

$X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{im})$ – перечень вариантов технического оснащения i -го направления подготовки (учебного места), где x_{ij} – j -ый вариант технического оснащения i -го учебного места, $j = \overline{1, m}$, m – количество вариантов технического оснащения i -го учебного места;

$C_{ij} = (c_{ij1}, c_{ij2}, \dots, c_{ijh}, \dots, c_{ijH})$ – перечень элементов, входящих в состав j -го варианта технического оснащения i -го учебного места, где c_{ijh} – наименование h -го элемента технического оснащения, $h = \overline{1, H}$, H – общее количество элементов;

S_{ijh} – стоимость h -го элемента, входящего в состав j -го варианта технического оснащения i -го учебного места;

S_6 – количество выделенных финансовых ресурсов для технического оснащения всех учебных мест;

T_3 – время, отводимое на подготовку специалистов в области РХБ защиты на всех учебных местах;

$U_{i \min}$ – минимально допустимый уровень подготовки специалистов на i -ом учебном месте.

Для заданных исходных данных необходимо из множества альтернативных вариантов технического оснащения каждого учебного места выбрать такие (x_{ij}) , при которых общий уровень подготовки специалистов будет максимальным при ограничениях на выделяемые финансовые ресурсы и время обучения

$$U = \sum_{i=1}^n U_i(U_{ij}(x_{ij}, t_i)) \Rightarrow \max_{t_i, x_{ij}} \quad (1)$$

при ограничениях

$$S = \sum_{i=1}^n S_i(x_{ij}) \leq S_6; T = \sum_{i=1}^n t_i \leq T_3; U_i(U_{ij}(x_{ij}, t_i)) \geq U_{i \min}, \quad (2)$$

где: $U_i = f(U_{ij}(x_{ij}, t_i))$ – значение уровня подготовки специалистов на i -ом учебном месте при заданных вариантах технического оснащения и времени, отведенного на подготовку;

$U_{ij} = f(U_{ij}^p(x_{ij}, t_i))$, U_{ij}^p – оценка уровня подготовки, выставленная p -ым экспертом при заданных вариантах технического оснащения i -го учебного места и времени, отведенного на подготовку;

$S(x_{ij}) = \sum_{h=1}^H S_{ijh}$ – требуемые финансовые ресурсы для реализации j -го варианта технического оснащения i -го учебного места;

$t_i = f(K_i, T_3)$ – время, отведенное для обучения специалистов на i -ом учебном месте.

Значение коэффициента значимости i -го учебного места K_i определяется из выражения

$$K_i = f(V_{чк}, M_{ичк}, V_i), \quad (3)$$

где $V_{чк}$ – вектор локальных приоритетов частных критериев, значения которых необходимо учитывать при определении рациональных значений времени подготовки на каждом учебном месте;

$M_{ичк}$ – матрица локальных приоритетов учебных мест по каждому частному критерию;

V_i – вектор глобальных приоритетов учебных мест.

В обобщенном виде исходные данные для решения задачи обоснования рационального варианта технического оснащения учебных мест представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для решения задачи

Наименование направления подготовки (учебных мест)	Рациональное значение времени на подготовку	Варианты технического оснащения учебных мест, уровень подготовки / стоимость оснащения					
		1	2	...	j	...	m
b_1	t_1	U_{11} S_{11}	U_{12} S_{12}	...	U_{1j} S_{1j}	...	U_{1m} S_{1m}
b_2	t_2	U_{21} S_{21}	U_{22} S_{22}	...	U_{2j} S_{2j}	...	U_{2m} S_{2m}
...	...	...	...	...	...	...	...
b_i	t_i	U_{i1} S_{i1}	U_{i2} S_{i2}	...	U_{ij} S_{ij}	...	U_{im} S_{im}
...	...	...	...	...	...	...	...
b_n	t_n	U_{n1} S_{n1}	U_{n2} S_{n2}	...	U_{nj} S_{nj}	...	U_{nm} S_{nm}

Алгоритм решения задачи

Сформулированная задача может быть решена на основе применения градиентного метода, суть которого заключается в отыскании экстремального значения целевой функции путем последовательных шагов по направлению градиента [4, 5]. При этом на каждом шаге выбирается такой вариант технического оснащения, который обеспечивает максимальное значение уровня подготовки специалистов на единицу затрат или, иными словами, вариант технического оснащения, который характеризуется максимальным отношением приращения уровня подготовки к приращению затрат на техническое оснащение учебных мест.

Укрупненная блок-схема алгоритма обоснования рационального варианта технического оснащения учебных мест представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Укрупненная блок-схема алгоритма обоснования рационального варианта технического оснащения учебных мест

Основными этапами алгоритма являются:

1. Подготовка исходных данных, включающих уровень подготовки специалистов и требуемые финансовые средства для исследуемых вариантов технического оснащения учебных мест (таблица 1).

2. Формирование исходного варианта технического оснащения всех учебных мест (начального вектора решения). При этом текущей переменной k присваиваем значение 0 ($k = 0$).

В качестве исходного варианта принимается первый вариант технического оснащения, для которого $j=1$. Исходный вариант технического оснащения характеризуется минимальным значением уровня подготовки специалистов на каждом учебном месте – U_{il} и минимальной суммарной стоимостью всех элементов, входящих в состав технического оснащения каждого учебного места.

3. Для исходного варианта технического оснащения учебных мест $X^0 = (x_{i1}^0), \forall i = \overline{1, n}$ определяются:

1) среднее значение уровня подготовки специалистов:

$$U^0 = \sum_{i=1}^n \frac{U_i(x_{i1}^0)}{n}, \quad (4)$$

2) требуемые финансовые средства для реализации исходного варианта технического оснащения:

$$S^0 = \sum_{i=1}^n S_i(x_{i1}^0). \quad (5)$$

4. Полученное значение требуемых финансовых средств S^0 сравнивается с объемом выделенных ресурсов S_e . При $k = 0$ осуществляется проверка выполнения условия $S^k > S_e$, при его выполнении следует вывод о том, что задача решения не имеет. При выполнении условия $S^k \leq S_e$ осуществляется переход к формированию нового варианта технического оснащения, при этом переменная k принимает значение $k=k+1$.

Значения градиента (приращение уровня обученности на единицу затрат) при реализации нового варианта технического оснащения для каждого учебного места определяется из выражения:

$$h_i^k = \frac{U_i(x_{i,j+1}^{k-1}) - U_i(x_{ij}^{k-1})}{S_i(x_{i,j+1}^{k-1}) - S_i(x_{ij}^{k-1})}, \quad (6)$$

где x_{ij} – j -ый вариант технического оснащения i -го учебного места.

На основе полученных значений градиента (приращение уровня обученности на единицу затрат) определяется максимальное значения $h_i^{(1)*} = \max_i h_i^{(1)}$ и формируется новый вектор решения задачи (вариант технического оснащения учебных мест) X^k с элементами

$$x_{ij}^k = x_{ij}^{k-1}, \text{ для } i = \overline{1, n}, i \neq i^*, \\ x_{ij}^k = x_{i,j+1}^{k-1} \text{ для } i = i^*.$$

При реализации нового вектора решения задачи определяются среднее значение уровня подготовки специалистов и объем требуемых финансовых средств по формулам:

$$U^k = \sum_{i=1}^n \frac{U_i(x_{ij})}{n}, \quad (7)$$

$$S^k = \sum_{i=1}^n S_i(x_{ij}). \quad (8)$$

Полученные значения требуемых финансовых средств нового варианта технического оснащения S^k сравниваются с объемом выделенных ресурсов S_6 . При выполнении условия $S^k < S_6$, значение k увеличивается на единицу и определяются значения градиента при реализации нового варианта технического оснащения для каждого учебного места из выражения (3).

Циклическое решение по данному алгоритму осуществляется до тех пор, пока не будет выполнено следующее условие $S^k > S_6$. При выполнении данного условия формируется рациональный вариант технического оснащения всех учебных мест из выражения:

$$X^* = X^{k-1}, U^* = U^{k-1} \quad (9)$$

Значения уровня подготовки для данного варианта определяется из выражения $U^* = U^{k-1}$.

Заключение

В статье представлены основные положения научно-методического аппарата, предназначенного для решения оптимизационной задачи выбора рационального варианта технического оснащения учебных мест центра подготовки специалистов в области РХБ защиты с учетом:

- распределения времени подготовки на каждом учебном месте;
- значений уровня подготовки специалистов при реализации заданного варианта технического оснащения конкретного учебного места;
- требуемых финансовых затрат на реализацию заданного варианта технического оснащения конкретного учебного места;
- объема выделенных финансовых ресурсов для технического оснащения всех учебных мест.

Реализация рационального варианта технического оснащения всех учебных мест обеспечит максимальный уровень подготовки специалистов в области РХБ защиты.

Практическая значимость методики заключается в возможности её использования в системе подготовки персонала опасных производственных объектов и аварийно-спасательных подразделений. Представленные в статье результаты получены в рамках грантовой научно-исследовательской работы ИРН AP23488650 (2024–2026 гг.) «Методика обоснования рационального варианта технического оснащения учебных мест специального военного образовательного учреждения, предназначенных для подготовки специалистов в области РХБ защиты», финансируемой Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан. Полученные результаты подтверждают целесообразность дальнейшего развития методики и её внедрения в практику подготовки сил реагирования с учётом специфики потенциально опасных объектов и условий их функционирования.

Список литературы

1. Колмычков И.М., Кондратьев Е.Б., Мазаник А.И., Исаев Д.А. Анализ проблемной ситуации подготовки выпускников военных образовательных учреждений высшего образования // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – Химки: ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России». – 2023. – № 4. – С. 6-16.
2. Абдрахманов А.А., Мазаник А.И., Дружинин В.П., Малинин Р.С. Анализ существующей системы профессиональной подготовки сотрудников гражданской защиты в области радиационной, химической и биологической защиты в Кокшетауском техническом институте Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – Химки: ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России». – 2019. – № 4. – С. 32-37.
3. Абдрахманов А.А., Кабашев Б.М., Дауренов Д.А. Анализ существующей системы подготовки специалистов в области радиационной, химической и биологической защиты в специальных, военных образовательных учреждениях // Наука и образование в гражданской защите. – 2024. – № 4 (56). – С. 78-84.
4. Баскаков В.В., Усатенко О.В., Фомин А.Н. Методология обоснования рациональных вариантов программ вооружения на базе методов теории полезности. Часть 1. – Москва: Изд-во «Министерство обороны РФ», 2010. – 271 с.
5. Харчистов Б.Ф. Методы оптимизации: учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – 140 с.

References

1. Kolmychkov I.M., Kondrat'ev E.B., Mazanik A.I., Isaev D.A. Analiz problemnoj situacii podgotovki vypusknikov voennyh obrazovatel'nyh uchrezhdenij vysshego obrazovaniya // Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity. – Himki: FGBVOU VO «Akademiya grazhdanskoj zashchity MCHS Rossii». – 2023. – № 4. – S. 6-16.
2. Abdrahmanov A.A., Mazanik A.I., Druzhinin V.P., Malinin R.S. Analiz sushchestvuyushchej sistemy professional'noj podgotovki sotrudnikov grazhdanskoj zashchity v oblasti radiacionnoj, himicheskoy i biologicheskoy zashchity v Kokshetauskom tekhnicheskom institute Komiteta po chrezvychajnym situacijam MVD Respubliki Kazahstan // Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity. – Himki: FGBVOU VO «Akademiya grazhdanskoj zashchity MCHS Rossii». – 2019. – № 4. – S. 32-37.
3. Abdrahmanov A.A., Kabashev B.M., Daurenov D.A. Analiz sushchestvuyushchej sistemy podgotovki specialistov v oblasti radiacionnoj, himicheskoy i biologicheskoy zashchity v special'nyh, voennyh obrazovatel'nyh uchrezhdeniyah // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashchite. – 2024. – № 4 (56). – S. 78-84.
4. Baskakov V.V., Usatenko O.V., Fomin A.N. Metodologiya obosnovaniya racional'nyh variantov programm vooruzheniya na baze metodov teorii poleznosti. CHast' 1. – Moskva: Izd-vo «Ministerstvo oborony RF», 2010. – 271 s.
5. Harchistov B.F. Metody optimizacii: Uchebnoe posobie. – Taganrog: Izd-vo TRTU, 2004. – 140 s.

А. А. Абдрахманов, Ж. Х. Хасенов, Д. А. Дауренов, С. Н. Мусаифов

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

РАДИАЦИЯЛЫҚ, ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ ҚОРҒАУ САЛАСЫНДА
МАМАНДАР ДАЯРЛАУҒА АРНАЛҒАН АРНАЙЫ ӘСКЕРИ БІЛІМ БЕРУ МЕКЕМЕСІНІҢ
ОҚУ ОРЫНДАРЫН ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАРАҚТАНДЫРУДЫҢ ҰТЫМДЫ НҰСҚАСЫН
НЕГІЗДЕУ ӘДІСТЕМЕСІНІҢ НЕГІЗГІ ЕРЕЖЕЛЕРІ

Аңдатпа. Мақалада радиациялық, химиялық және биологиялық қорғау мамандарын даярлау саласындағы проблемалық жағдай ұсынылған және оны шешудің мүмкін бағыттары анықталған. Анықталған қарама-қайшылық негізінде ғылыми гипотеза тұжырымдалды, оны іске асыру халықты және аумақтарды қорғау радиациялық, химиялық және биологиялық міндеттерін орындау үшін мамандарды даярлау деңгейін арттыруға мүмкіндік береді. Радиациялық, химиялық және биологиялық қорғау саласындағы мамандарды даярлау үшін оқу орындарын техникалық жарақтандырудың ұтымды нұсқасын негіздеудің ғылыми міндеті тұжырымдалды және оны ресімделген түрде қою ұсынылды. Оқу орындарын техникалық жабдықтаудың ұтымды нұсқасын негіздеудің оңтайландыру мәселесін шешу алгоритмінің блок-схемасы жасалды.

Түйінді сөздер: оқу орындарын техникалық жарақтандыру, мамандарды даярлау деңгейі, құтқару әскери құралымдары, радиациялық, химиялық және биологиялық қорғау, міндеттерді ресімделген қою, зерттеудің жеке міндеттері.

A. A. Abdrakhmanov, J. H. Khasenov, D. A. Daurenov, S. N. Musaifov

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

THE MAIN PROVISIONS OF THE METHODOLOGY FOR SUBSTANTIATING THE
RATIONAL OPTION OF TECHNICAL EQUIPMENT FOR TRAINING PLACES OF
A SPECIAL MILITARY EDUCATIONAL INSTITUTION INTENDED FOR TRAINING
SPECIALISTS IN THE FIELD OF RADIATION, CHEMICAL AND BIOLOGICAL
PROTECTION

Abstract. The article presents a problematic situation in the field of training radiation, chemical and biological protection specialists and identifies possible ways to resolve it. Based on the identified contradiction, a scientific hypothesis has been formulated, the implementation of which will improve the level of training of specialists to perform the tasks of protecting the population and territories. The scientific task of substantiating a rational option for the technical equipment of educational places for the training of specialists in the field of radiation, chemical and biological protection is formulated and its formulation is presented in a formalized form. A flowchart of an algorithm for solving the optimization problem of substantiating a rational option for the technical equipment of educational places has been developed.

Keywords: technical equipment of training places, the level of training of specialists, rescue military formations, radiation, chemical and biological protection, formalized problem statement, specific research tasks.

Сведения об авторах / Information about the authors

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

Хасенов Жумабек Хасенович – асс. профессор (доцент), начальник Академии гражданской защиты имени М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: academy@emer.kz

Дауренов Даулет Амангельдинович – преподаватель кафедры гражданской обороны и военной подготовки Академии гражданской защиты имени М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: daurenov-96@mail.ru

Мусаифов Сергей Нургалиевич – преподаватель кафедры гражданской обороны и военной подготовки Академии гражданской защиты имени М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: Musa3006@mail.ru

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

Zhumabek Kh. Khasenov – Associate Professor, head of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: academy@emer.kz

Daulet A. Daurenov – Lecturer of the 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: daurenov-96@mail.ru

Sergey N. Musaifov – Lecturer of the 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: Musa3006@mail.ru

УДК 351.88
МРНТИ 10.77.00

А. К. Закиров, А. А. Жаулыбаев

Национальный университет обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЗНАЧИМОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ОБОСНОВАНИИ ДИСЛОКАЦИИ СИЛ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

Аннотация. В статье рассматривается методика оценки значимости потенциально опасных объектов, предназначенная для обоснования рационального варианта дислокации группировки сил гражданской защиты при ликвидации чрезвычайных ситуаций. Предложен комплексный подход, основанный на применении экспертных методов, алгоритмов парных сравнений и процедур свёртки показателей, характеризующих риск возникновения чрезвычайных ситуаций, вероятность реализации опасных факторов и масштаб возможных последствий. Методика ориентирована на учёт типа потенциально опасного объекта, видов присущих ему опасностей, факторов риска и прогнозируемого социально-экономического и экологического ущерба. Реализация предложенного подхода позволяет получить количественные коэффициенты значимости потенциально опасных объектов, которые могут использоваться для принятия обоснованных управленческих решений при планировании применения сил гражданской защиты, в том числе в условиях военного времени.

Ключевые слова: гражданская защита, потенциально опасные объекты, экспертные оценки, коэффициент значимости, риск чрезвычайных ситуаций.

Введение. В современных условиях возрастающей техногенной и военной опасности особую актуальность приобретает задача рационального размещения сил гражданской защиты, предназначенных для реагирования на чрезвычайные ситуации [1, 2]. Эффективность применения группировки сил гражданской защиты в значительной степени определяется не только её численностью и оснащённостью, но и обоснованностью выбора района дислокации, обеспечивающего минимальное время реагирования на наиболее опасные объекты [3, 4].

Ключевым элементом решения данной задачи является оценка значимости потенциально опасных объектов, находящихся в зоне ответственности группировки сил гражданской защиты. Различия в типах объектов, характере возможных опасностей, уровне риска возникновения чрезвычайных ситуаций и масштабе их последствий обуславливают необходимость дифференцированного подхода к их учёту при планировании размещения сил.

Постановка проблемы. В условиях возрастания техногенных, природных и военных угроз эффективность реагирования на чрезвычайные ситуации в значительной степени определяется рациональностью размещения сил гражданской защиты. Одним из ключевых факторов, влияющих на выбор района дислокации группировки сил, является значимость потенциально опасных объектов, находящихся в зоне ответственности.

Существующие подходы к оценке опасности объектов, как правило, носят укрупнённый характер, не обеспечивают комплексного учёта различных типов опасностей, факторов риска и масштабов возможных последствий чрезвычайных

ситуаций. Это затрудняет формирование количественных критериев при принятии управленческих решений и снижает обоснованность выбора вариантов дислокации сил гражданской защиты, особенно в условиях неопределённости и дефицита достоверной статистической информации [5, 6].

В связи с этим актуальной является научная задача разработки методики количественной оценки значимости потенциально опасных объектов, обеспечивающей информационную основу для обоснования рационального варианта дислокации группировки сил гражданской защиты.

Цель исследования – разработка и обоснование методики оценки значимости потенциально опасных объектов, обеспечивающей формирование количественных показателей для последующего выбора рационального варианта дислокации группировки сил гражданской защиты.

Задачи исследования:

1. Проанализировать особенности оценки значимости потенциально опасных объектов в задачах планирования применения сил гражданской защиты.
2. Разработать алгоритм определения предпочтительности сравниваемых потенциально опасных объектов на основе экспертных оценок.
3. Предложить методику комплексной оценки коэффициентов значимости потенциально опасных объектов с учётом типов объектов, видов опасностей, факторов риска и масштабов возможных последствий.

Материалы и методы исследования. В исследовании применены методы системного анализа, экспертных оценок, парных сравнений, методы ранжирования и свёртки показателей, а также статистического анализа согласованности экспертных мнений и элементы теории принятия решений и теории иерархических систем [7-10].

Результаты исследования и их обсуждение.

Оценка значимости потенциально опасных объектов относится к классу задач, для которых характерно сочетание формализуемых и слабоформализуемых факторов. Существенную роль при этом играют профессиональный опыт и экспертные знания специалистов [6, 7, 9] в области гражданской защиты, анализа рисков и управления чрезвычайными ситуациями.

В рамках предлагаемой методики значимость потенциально опасных объектов рассматривается как интегральная характеристика, зависящая от:

- типа потенциально опасного объекта;
- видов опасностей, присущих объекту;
- показателей, характеризующих риск возникновения чрезвычайной ситуации;
- показателей, отражающих масштаб возможных последствий.

Для получения количественной оценки значимости используется двухэтапный подход:

1. Определение предпочтительности и относительной значимости сравниваемых объектов на основе экспертных оценок.
2. Формирование обобщённых коэффициентов значимости потенциально опасных объектов путём свёртки частных показателей.

Определение предпочтительности потенциально опасных объектов осуществляется на основе экспертного опроса с применением метода парных сравнений [8, 9, 11]. Данный метод позволяет упорядочить объекты по степени их

значимости и выявить относительные различия между ними даже при отсутствии точных статистических данных.

Основные этапы алгоритма определения предпочтительности сравниваемых объектов представлены на рисунке 1.

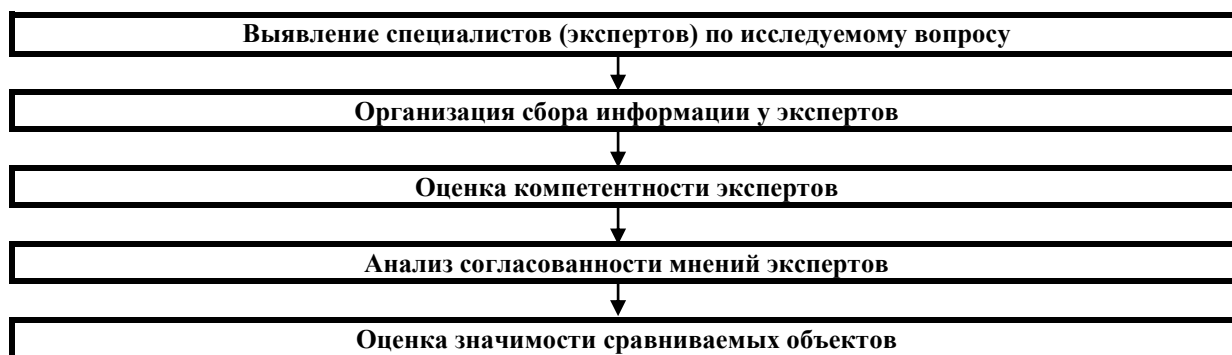


Рисунок 1 – Этапы алгоритма определения предпочтительности сравниваемых объектов

Для повышения достоверности результатов особое внимание уделяется оценке согласованности экспертных мнений, в том числе с использованием коэффициента конкордации Кендалла и статистических критериев значимости [12]. Это позволяет исключить влияние случайных или противоречивых оценок и повысить надёжность получаемых коэффициентов.

Комплексная оценка значимости потенциально опасных объектов осуществляется путём последовательного определения:

- коэффициентов значимости типов потенциально опасных объектов;
- коэффициентов значимости видов опасностей;
- коэффициентов значимости показателей риска возникновения чрезвычайной ситуации;
- коэффициентов значимости показателей масштаба возможных последствий.

На основе полученных частных коэффициентов формируются приведённые коэффициенты значимости, отражающие вклад каждого фактора в общую значимость объекта. Итоговая значимость потенциально опасного объекта определяется как взвешенная сумма приведённых коэффициентов с учётом принадлежности объекта к определённому типу [8, 10].

Предложенный алгоритм позволяет:

- учитывать неоднородность потенциально опасных объектов;
- дифференцировать влияние факторов риска и последствий;
- получать количественные показатели, пригодные для использования в задачах оптимизации размещения сил гражданской защиты.

Разработанная методика оценки значимости потенциально опасных объектов обеспечивает переход от качественного анализа угроз к количественному обоснованию управленческих решений. В отличие от традиционных подходов, основанных на укрупнённой классификации объектов [1, 5], предложенный алгоритм позволяет учитывать совокупность факторов, определяющих реальный уровень опасности и приоритетность реагирования.

Полученные коэффициенты значимости могут быть использованы в составе более сложных моделей, направленных на выбор рационального варианта дислокации группировки сил гражданской защиты, в том числе с учётом транспортной доступности и временных параметров реагирования.

Заключение. В статье предложена методика оценки значимости потенциально опасных объектов, основанная на сочетании экспертных методов и формализованных алгоритмов обработки информации. Разработанный подход позволяет получить количественные коэффициенты значимости объектов с учётом типов опасностей, факторов риска и масштабов возможных последствий чрезвычайных ситуаций.

Практическая ценность методики заключается в возможности её использования при планировании размещения и применения сил гражданской защиты, включая условия повышенной опасности и военного времени [1, 2]. Полученные результаты создают основу для дальнейших исследований, направленных на оптимизацию дислокации группировок сил гражданской защиты в конкретных регионах.

Список литературы

1. Республика Казахстан. Закон РК. О гражданской защите: принят 11 апреля 2014 года № 188-V ЗРК (с изм. и доп.). – URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31534450 (дата обращения: 05.08.2026).
2. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.
3. Ahmadi-Javid A., Seyedi P., Syam S.S. A survey of healthcare facility location // Computers & Operations Research. – 2017. – Vol. 79. – P. 223–263. DOI: 10.1016/j.cor.2016.05.018.
4. Bélanger V., Ruiz A., Soriano P. Recent optimization models and trends in location, relocation, and dispatching of emergency medical vehicles // European Journal of Operational Research. – 2019. – Vol. 272, № 1. – P. 1–23. DOI: 10.1016/j.ejor.2018.02.055.
5. Об утверждении Правил идентификации опасных производственных объектов: приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года № 353 (зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 20 февраля 2015 года № 10310). – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1400010310> (дата обращения: 05.08.2026).
6. IEC 31010:2019. Risk management – Risk assessment techniques. – Geneva: International Electrotechnical Commission, 2019. – 264 p.
7. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 2006. – 392 с.
8. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
9. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: учебник. В 3 ч. Ч. 2. Экспертные оценки. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 486 с.
10. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – 344 с.
11. Thurstone L.L. A law of comparative judgment // Psychological Review. – 1927. – Vol. 34, № 4. – P. 273–286.
12. Кендэл М. Ранговые корреляции. – М.: Статистика, 1975. – 216 с.

References

1. Respublika Kazakhstan. Zakon RK. O grazhdanskoj zashhite: prinjat 11 aprelja 2014 goda № 188-V ZRK (s izm. i dop.). – URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31534450 (data obrashhenija: 05.08.2026).
2. Akimov V.A., Lesnyh V.V., Radaev N.N. Riski v prirode, tehnosfere, obshhestve i jekonomike. – M.: Delovoj jekspress, 2004. – 352 s.
3. Ahmadi-Javid A., Seyedi P., Syam S.S. A survey of healthcare facility location // Computers & Operations Research. – 2017. – Vol. 79. – P. 223–263. DOI: 10.1016/j.cor.2016.05.018.
4. Bélanger V., Ruiz A., Soriano P. Recent optimization models and trends in location, relocation, and dispatching of emergency medical vehicles // European Journal of Operational Research. – 2019. – Vol. 272, № 1. – P. 1–23. DOI: 10.1016/j.ejor.2018.02.055.
5. Ob utverzhdenii Pravil identifikacii opasnyh proizvodstvennyh ob'ektov: prikaz Ministra po investicijam i razvitiyu Respubliki Kazakhstan ot 30 dekabrya 2014 goda № 353. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1400010310> (data obrashhenija: 05.08.2026).
6. IEC 31010:2019. Risk management – Risk assessment techniques. – Geneva: International Electrotechnical Commission, 2019. – 264 p.
7. Larichev O.I. Teorija i metody prinjatija reshenij. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: Logos, 2006. – 392 s.
8. Saati T. Prinjatie reshenij. Metod analiza ierarhij. – M.: Radio i svjaz', 1993. – 278 s.
9. Orlov A.I. Organizacionno-jekonomicheskoe modelirovanie: uchebnik. V 3 ch. Ch. 2. Jekspertnye ocenki. – M.: Izd-vo MGTU im. N.Je. Bauman, 2011. – 486 s.
10. Mesarovich M., Mako D., Takahara I. Teorija ierarhicheskikh mnogourovnevnyh sistem. – M.: Mir, 1973. – 344 s.
11. Thurstone L.L. A law of comparative judgment // Psychological Review. – 1927. – Vol. 34, № 4. – P. 273–286.
12. Kendjel M. Rangovyje korrelyacii. – M.: Statistika, 1975. – 216 s.

А. К. Закиров, А. А. Жаулыбаев

Қазақстан Республикасының Ұлттық қорғаныс университеті, Астана, Қазақстан

АЗАМАТТЫҚ ҚОРҒАУ КҮШТЕРІНІҢ ОРНАЛАСУЫН НЕГІЗДЕУ КЕЗІНДЕ ЫҚТИМАЛ ҚАУІПТІ ОБЪЕКТІЛЕРДІҢ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ ӘДІСТЕМЕСІ

Аңдатпа. Мақалада төтенше жағдайларды жою кезінде азаматтық қорғау күштері топтамасының ұтымды дислокация нұсқасын негіздеуге арналған әлеуетті қауіпті объектілердің маңыздылығын бағалау әдістемесі қарастырылады. Төтенше жағдайлардың туындау тәуекелін, қауіпті факторлардың іске асу ықтималдығын және ықтимал салдардың ауқымын сипаттайтын көрсеткіштерді бағалауда сараптамалық әдістерді, жұптық салыстыру алгоритмдерін және көрсеткіштерді біріктіру рәсімдерін қолдануға негізделген кешенді тәсіл ұсынылған. Әдістеме әлеуетті қауіпті объектінің түрін, оған тән қауіп түрлерін, тәуекел факторларын, сондай-ақ болжанатын әлеуметтік-экономикалық және экологиялық залалды ескеруге бағытталған. Ұсынылған тәсілді іске асыру әлеуетті қауіпті объектілердің маңыздылығының сандық коэффициенттерін алуға мүмкіндік береді, олар азаматтық қорғау күштерін қолдануды жоспарлау кезінде, оның ішінде соғыс уақытындағы жағдайларда да, негізделген басқарушылық шешімдер қабылдау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Түйінді сөздер: азаматтық қорғау, әлеуетті қауіпті объектілер, сараптамалық бағалау, маңыздылық коэффициенті, төтенше жағдайлар тәуекелі.

A. K. Zakirov, A. A. Zhaulybaev

The National Defence University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE IMPORTANCE OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS IN JUSTIFYING THE DEPLOYMENT OF CIVIL PROTECTION FORCES

Abstract. The article examines a methodology for assessing the significance of potentially hazardous facilities intended to substantiate a rational option for the deployment of civil protection forces during emergency response operations. A comprehensive approach is proposed, based on the application of expert methods, pairwise comparison algorithms, and indicator aggregation procedures that characterize the risk of emergency occurrence, the probability of hazardous factor realization, and the scale of possible consequences. The methodology is focused on accounting for the type of potentially hazardous facility, the types of inherent hazards, risk factors, as well as the projected socio-economic and environmental damage. Implementation of the proposed approach makes it possible to obtain quantitative significance coefficients of potentially hazardous facilities, which can be used to support informed managerial decision-making in planning the deployment of civil protection forces, including under wartime conditions.

Keywords: civil protection, potentially hazardous facilities, expert assessment, significance coefficient, emergency risk.

Сведения об авторах / Information about the authors

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

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

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

УДК 355; 355.4
МРНТИ 78.19.11

Ж. Е. Жагупаров¹, К. К. Каирбеков¹, М. С. Куанышбаев²

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

²Национальный университет обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан

ПАССИВНАЯ ЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ В УСЛОВИЯХ ВООРУЖЁННЫХ КОНФЛИКТОВ: ПРИНЦИПЫ И ПОДХОДЫ

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические, организационные и инженерно-технические основы пассивной защиты объектов экономики в условиях вооружённых конфликтов. Актуальность исследования обусловлена изменением характера современных военных угроз, при которых объектами воздействия становятся не только военные цели, но и элементы промышленной, энергетической, транспортной, коммунальной и социальной инфраструктуры. Особое внимание уделено защите объектов, обеспечивающих жизнедеятельность населения, устойчивость территорий и функционирование систем гражданской обороны. В статье раскрыта сущность пассивной защиты как совокупности заблаговременно подготовленных инженерных, организационных, технологических, планировочных и восстановительных мероприятий, направленных на снижение уязвимости зданий, сооружений, основных производственных фондов, инженерных коммуникаций и систем управления. Определены основные принципы пассивной защиты: заблаговременность, комплексность, дифференцированность, обоснованная достаточность, приоритет защиты персонала, резервирование, снижение вторичных поражающих факторов и готовность к восстановлению. Предложен математический аппарат оценки защищённости объекта экономики, основанный на определении коэффициента защищённости, вероятности повреждения элементов и интегрального показателя устойчивости функционирования. Полученные положения в целом могут быть использованы при разработке планов повышения устойчивости функционирования объектов экономики в условиях военных конфликтов.

Ключевые слова: пассивная защита, объекты экономики, вооружённый конфликт, гражданская оборона, устойчивость функционирования, основные производственные фонды, инженерная защита, вторичные поражающие факторы, критически важные объекты, потенциально опасные объекты, восстановление, резервирование.

Введение. Современные вооружённые конфликты сопровождаются применением высокоточного оружия, беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) и средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Поражение промышленных, энергетических, транспортных и коммунальных объектов нарушает жизнедеятельность населения [1]. Значительный ущерб вызывают вторичные факторы: пожары, взрывы, выбросы опасных веществ [2]. Пассивная защита – совокупность заблаговременных инженерных, технологических, организационных и восстановительных мер, снижающих уязвимость персонала, зданий, оборудования и сетей. Её цель – ограничить повреждения, предотвратить каскадные аварии и обеспечить восстановление функций объекта [3].

Методы и организация исследования. Используются сравнительно-аналитический, структурно-функциональный, экспертный и расчётно-оценочный

методы на основе анализа источников по гражданской обороне и защите объектов. Цель – обосновать принципы пассивной защиты и аппарат оценки устойчивости.

Результаты и обсуждение. Объект экономики – система взаимосвязанных зданий, оборудования, сетей, управления и персонала [4]. Отказ одного элемента может вызвать цепные нарушения, поэтому защита отдельных конструкций недостаточна. Оцениваются ударная волна, осколки, тепло, пожары, обрушения, вторичные взрывы и выбросы опасных веществ. Особо опасно комбинированное воздействие [1, 2].

Пассивная защита строится на восьми принципах: заблаговременность, комплексность, дифференцированность, обоснованная достаточность, приоритет безопасности персонала, предупреждение вторичных факторов, резервирование и готовность к восстановлению [2, 5]. Они предполагают включение защиты в проектирование, приоритет критических элементов, соответствие угрозам и ресурсам, укрытие и подготовку работников, локализацию аварий, создание резервов и ремонтных возможностей.

Защита персонала включает оповещение, укрытие и средства защиты. Для предотвращения вторичных аварий служат противопожарные разрывы, отсечная арматура и локализация разливов. Автономность обеспечивается резервными источниками энергии, воды и связи; восстановление – подготовленными силами, запасами и временными схемами.

Инженерно-технические и планировочные меры включают усиление конструкций, защиту проёмов, экраны, обвалование, заглубление коммуникаций и рассредоточение опасных участков. Технологические меры направлены на сокращение опасных запасов и безаварийную остановку. Организационные меры закрепляются в планах гражданской обороны (ГО). Информационно-управленческие и восстановительные меры обеспечивают дублирование управления, резервирование данных, страховой фонд документации, ремонтные бригады и комплектующие [2, 4, 5].

Для расчётной оценки объект представляется множеством элементов (1), каждый из которых обладает определённой устойчивостью:

$$O = \{O_1, O_2, \dots, O_n\} \quad (1)$$

где, O_i – отдельный элемент объекта экономики: здание, сооружение, технологическое оборудование, резервуар, трубопровод, пункт управления, насосная станция, трансформаторная подстанция и другие элементы.

Совокупность действующих факторов задаётся множеством (2):

$$\Theta = \{P_f, I, q_t, V_o, R_o, T, F_{sec}\} \quad (2)$$

где, P_f – избыточное давление во фронте воздушной ударной волны, кПа, I – импульс фазы сжатия, кПа·с, q_t – плотность теплового потока, кВт/м², V_o – скорость разлета осколков, м/с, R_o – радиус зоны осколочного поражения, м, T – температурное воздействие, °С, F_{sec} – вторичные поражающие факторы (химическое заражение, затопление и др.).

Пассивная защита должна снижать воздействие на элемент относительно исходного уровня (3):

$$\theta_i^z < \theta_i^0 \quad (3)$$

где, θ_i^0 – поражающее воздействие на i -й элемент без применения защитных мероприятий, θ_i^z – поражающее воздействие на i -й элемент после реализации мероприятий пассивной защиты.

Достаточная защищённость достигается, когда воздействие после защиты не превышает предельного значения, допускающего сохранение функции (4):

$$\theta_i^z \leq \theta_i^{cr} \quad (4)$$

где, θ_i^{cr} – предельное значение поражающего фактора для i -го элемента, при котором элемент сохраняет работоспособность или получает допустимые повреждения.

Для ударной волны сравниваются расчётное и предельное избыточные давления (5):

$$P_{f,i}^z \leq P_{cr,i} \quad (5)$$

где, $P_{f,i}^z$ – расчетное избыточное давление во фронте ударной волны после применения защитных мероприятий, кПа, $P_{cr,i}$ – предельное избыточное давление, выдерживаемое i -м элементом без потери работоспособности, кПа.

Снижение давления защитной конструкцией выражается через коэффициент ослабления (6):

$$P_{f,i}^z = k_i \cdot P_{f,i}^0 \quad (6)$$

где, k_i – коэффициент снижения воздействия поражающего фактора (коэффициент ослабления) для i -го элемента ($0 < k_i \leq 1$), $P_{f,i}^0$ – избыточное давление на i -й элемент без защиты, кПа, $P_{f,i}^z$ – избыточное давление на i -й элемент после применения защиты, кПа.

Подстановка зависимости (6) в условие (5) даёт критерий достаточности:

$$k_i \cdot P_{f,i}^0 \leq P_{cr,i} \quad (7)$$

Коэффициент защищённости элемента определяется отношением предельного воздействия к расчётному после защиты (8):

$$K_{z,i} = \frac{\theta_i^{cr}}{\theta_i^z} \quad (8)$$

где, $K_{z,i}$ – коэффициент защищённости i -го элемента объекта, θ_i^{cr} – предельное значение поражающего фактора для i -го элемента, θ_i^z – расчетное значение поражающего фактора после применения защиты.

Достаточной защите соответствует условие (9):

$$K_{z,i} \geq 1 \quad (9)$$

Значение коэффициента менее единицы указывает на необходимость дополнительных мероприятий. Интегральный показатель объекта рассчитывается как взвешенная сумма коэффициентов защищённости (10):

$$K_z = \sum_{i=1}^n w_i \cdot K_{z,i} \quad (10)$$

где, K_z – интегральный показатель защищенности объекта экономики, w_i – весовой коэффициент значимости i -го элемента объекта, $K_{z,i}$ – коэффициент защищенности i -го элемента, n – количество оцениваемых элементов объекта.

Сумма весов должна удовлетворять условию (11):

$$w_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (11)$$

где, a_i – средняя экспертная оценка значимости i -го элемента.

При этом должно соблюдаться условие нормировки весовых коэффициентов (12):

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (12)$$

Нормировка согласует вклады элементов при агрегировании. Средняя значимость рассчитывается по оценкам группы экспертов (13):

$$a_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m a_{ij} \quad (13)$$

где, a_{ij} – оценка значимости i -го элемента, выставленная j -м экспертом (обычно по шкале от 0 до 1 или по балльной шкале с последующей нормализацией), m – количество экспертов, участвующих в оценке.

Вероятность повреждения определяется превышением случайным воздействием предельной устойчивости элемента (14):

$$P_{d,i} = P(\theta_i > \theta_i^{cr}) \quad (14)$$

где, $P_{d,i}$ – вероятность повреждения i -го элемента, θ_i – расчетное значение поражающего фактора (случайная величина), θ_i^{cr} – предельное значение поражающего фактора для данного элемента.

Для дискретных или смешанных данных необходимы соответствующие вероятностные модели, включая статистические ряды и эмпирические функции распределения; выбор модели определяется характером исходной информации.

При вычислении учитывается тип распределения исходных данных. Для нормального распределения используется соответствующая функция распределения (15):

$$P_{d,i} = 1 - F_\theta(\theta_i^{cr}) \quad (15)$$

где, $F_\theta(x)$ – функция распределения случайной величины θ_i .

После реализации защиты вероятность повреждения определяется аналогично, по изменённому воздействию (16):

$$P_{d,i} = P(\theta_i^z > \theta_i^{cr}) \quad (16)$$

где, θ_i^z – значение поражающего фактора после применения защитных мероприятий.

Эффективность мероприятия выражается снижением вероятности повреждения (17):

$$P_{d,i}^z < P_{d,i}^0 \quad (17)$$

где, $P_{d,i}^0$ – вероятность повреждения i -го элемента без применения защиты, $P_{d,i}^z$ – вероятность повреждения i -го элемента после применения защиты.

Вероятность сохранения работоспособности всех критически важных элементов при предположении независимости определяется произведением частных вероятностей (18):

$$P_s = \prod_{i=1}^n (1 - P_{d,i}) \quad (18)$$

где, P_s – вероятность сохранения устойчивого функционирования объекта, $P_{d,i}$ – вероятность повреждения i -го элемента, n – количество критически важных элементов объекта.

После защиты применяется аналогичная зависимость (19):

$$P_s^z = \prod_{i=1}^n (1 - P_{d,i}^z) \quad (19)$$

В расчёте учитываются только критические элементы, необходимые для функционирования объекта. Оценка, основанная на допущении о независимости, является приближённой, поэтому для учёта реальных технологических и функциональных связей используется последовательность условных вероятностей (20):

$$P_s = P(O_1) \cdot P(O_2|O_1) \cdot P(O_3|O_1 \cap O_2) \cdot \dots \cdot P(O_n|O_1 \cap O_2 \cap \dots \cap O_{n-1}) \quad (20)$$

Для сложных объектов расчёт дополняется анализом путей отказа [6], выявляющим комбинации повреждений, ведущие к потере устойчивости. Оценка включает определение критических элементов, предельной устойчивости, коэффициентов ослабления и защищённости, экспертных весов и вероятностей повреждения, после чего сравниваются варианты защиты и затраты [7]. Общая результативность системы определяется повышением вероятности устойчивого функционирования (21):

$$P_s^z > P_s^0 \quad (21)$$

где, P_s^0 – вероятность сохранения устойчивого функционирования объекта без применения защиты, P_s^z – вероятность сохранения устойчивого функционирования объекта после применения защиты.

Модель позволяет количественно обосновать мероприятия, выявить уязвимые элементы по их значимости, вероятности повреждения и коэффициентам защищённости, выбрать вариант с максимальной вероятностью сохранения функций при ресурсных ограничениях и оценить эффективность затрат по приросту этой вероятности.

Выводы. Пассивная защита обеспечивает устойчивость объектов экономики посредством заблаговременного сочетания инженерных, технологических, планировочных, организационных, информационно-управленческих и

восстановительных мероприятий. Приоритетами являются безопасность персонала, сохранение критических элементов, предупреждение вторичных аварий, резервирование и готовность к восстановлению.

Предложенный аппарат связывает защитные мероприятия с количественными критериями. Коэффициенты защищённости, интегральная оценка и вероятностные показатели позволяют выявлять уязвимости, сравнивать альтернативы и обосновывать приоритеты. Подход применим при разработке и корректировке планов устойчивости, гражданской обороны и аварийно-восстановительных работ.

Статья разработана в рамках выполнения научно-исследовательской работы по грантовому финансированию Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан исследований молодых ученых по проекту «Жас ғалым» на 2026-2028 годы (ИРН АР32520135) «Разработка и обоснование рациональной модели пассивной защиты организаций, отнесенных к категориям по гражданской обороне, в условиях вооруженных конфликтов».

Список литературы

1. Методические основы обеспечения защищенности критически важных и потенциально опасных объектов. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), МЧС России, 2019. – 290 с.
2. Рейхов Ю.Н., Воскобоев В.Ф., Тугушов К.В., Лебедев А.Ю., Антошин А.Э., Казаков В.Ю. Мероприятия органов управления гражданской обороны по повышению устойчивости функционирования организаций, необходимых для выживания населения при военных конфликтах: монография / под ред. В.Ф. Воскобоева. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России, 2017. – 161 с.
3. Методические рекомендации по защите основных производственных фондов организации в целях повышения устойчивости функционирования объектов экономики при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов: утв. МЧС России 18 августа 2023 г. № М-ВЯ-102.
4. Рейхов Ю.Н., Тугушов К.В., Лебедев А.Ю., Антошин А.Э. Основы устойчивости функционирования объектов экономики и территорий: учебное пособие. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России, 2019. – 289 с.
5. Рейхов Ю.Н., Тугушов К.В., Лебедев А.Ю., Ткаченко П.Н., Лермонтов А.С., Сидоров А.В. Устойчивость функционирования объектов экономики и территорий: учебное пособие. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России, 2011. – 450 с.
6. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
7. 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. Metodicheskie osnovy obespecheniya zashchishchennosti kriticheski vazhnyh i potencial'no opasnyh ob'ektov. – M.: FGBU VNII GOCHS (FC), MCHS Rossii, 2019. – 290 s.
2. Rejhov Yu.N., Voskoboev V.F., Tugushov K.V., Lebedev A.Yu., Antoshin A.E., Kazakov V.Yu. Meropriyatiya organov upravleniya grazhdanskoj oborony po povysheniyu ustojchivosti funkcionirovaniya organizacij, neobhodimyh dlya vyzhivaniya naseleniya pri voennyh konfliktah: monografiya / pod red. V.F. Voskoboeva. – Himki: Akademiya grazhdanskoj zashchity MCHS Rossii, 2017. – 161 s.

3. Metodicheskie rekomendacii po zashchite osnovnyh proizvodstvennyh fondov organizacii v celyah povysheniya ustojchivosti funkcionirovaniya ob'ektov ekonomiki pri voennykh konfliktakh ili vsledstvie etih konfliktov: utv. MCHS Rossii 18 avgusta 2023 g. № M-VYa-102.

4. Rejhov Yu.N., Tugushov K.V., Lebedev A.Yu., Antoshin A.E. Osnovy ustojchivosti funkcionirovaniya ob'ektov ekonomiki i territorij: uchebnoe posobie. – Himki: Akademiya grazhdanskoj zashchity MCHS Rossii, 2019. – 289 s.

5. Rejhov Yu.N., Tugushov K.V., Lebedev A.Yu., Tkachenko P.N., Lermontov A.S., Sidorov A.V. Ustojchivost' funkcionirovaniya ob'ektov ekonomiki i territorij: uchebnoe posobie. – Himki: Akademiya grazhdanskoj zashchity MCHS Rossii, 2011. – 450 s.

6. Venttsel E. S. Issledovanie operatsiy. – M.: Sovetskoe radio, 1972. – 552 s.

7. Zhaguparov Zh.E., Kaliev A.Z., Kuanyshbaev M.S., Kairbekov K.K., Agazhayeva L.O. Totenshe zhagdailar zhagdaiynda uiymdardyn zhumys isteу ornyktylygyn arttyru is-sharalarynyn tiimdiligini bagalau maselesine bailanysty // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoi zashchite. – Kokshetau, 2026. – № 1(61). – P. 25–38.

Ж. Е. Жағұпаров¹, К. Қ. Қайрбеков¹, М. С. Қуанышбаев²

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

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

ҚАРУЛЫ ҚАҚТЫҒЫСТАР ЖАҒДАЙЫНДА ЭКОНОМИКА ОБЪЕКТІЛЕРІНІҢ ПАССИВТІ ҚОРҒАНЫСЫ: ҚАҒИДАТТАРЫ МЕН ТӘСІЛДЕРІ

Аңдатпа. Мақалада қарулы қақтығыстар жағдайында экономика объектілерін пассивті қорғаудың теориялық, ұйымдастырушылық және инженерлік-техникалық негіздері қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі қазіргі заманғы әскери қауіп-қатерлер сипатының өзгеруіне байланысты. Мұндай жағдайларда тек әскери нысаналар ғана емес, сонымен қатар өнеркәсіптік, энергетикалық, көліктік, коммуналдық және әлеуметтік инфрақұрылым объектілері де зақымдаушы әсерге ұшырайды. Халықтың тіршілігін қамтамасыз ететін, аумақтардың орнықтылығын сақтайтын және азаматтық қорғаныс жүйелерінің жұмыс істеуін қамтамасыз ететін объектілерді қорғауға ерекше назар аударылған. Мақалада пассивті қорғаудың мәні ғимараттардың, құрылыстардың, негізгі өндірістік қорлардың, инженерлік коммуникациялар мен басқару жүйелерінің осалдығын төмендетуге бағытталған алдын ала дайындалатын инженерлік, ұйымдастырушылық, технологиялық, жоспарлау және қалпына келтіру іс-шараларының жиынтығы ретінде ашып көрсетілген. Пассивті қорғаудың негізгі қағидаттары айқындалған: алдын ала даярлық, кешенділік, сараланған тәсіл, негізделген жеткіліктілік, персоналды қорғаудың басымдығы, резервтеу, қайталама зақымдаушы факторлардың әсерін төмендету және қалпына келтіруге дайындық. Экономика объектісінің қорғалу деңгейін бағалауға арналған математикалық аппарат ұсынылған. Ол қорғалу коэффициентін, объектінің жекелеген элементтерінің зақымдану ықтималдығын және жұмыс істеу орнықтылығының интегралдық көрсеткішін айқындауға негізделген. Алынған ғылыми тұжырымдар қарулы қақтығыстар жағдайында экономика объектілерінің жұмыс істеу орнықтылығын арттыру жоспарларын әзірлеу кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Түйінді сөздер: пассивті қорғау, экономика объектілері, қарулы қақтығыс, азаматтық қорғаныс, жұмыс істеу орнықтылығы, негізгі өндірістік қорлар, инженерлік қорғау, қайталама зақымдаушы факторлар, аса маңызды объектілер, ықтимал қауіпті объектілер, қалпына келтіру, резервтеу.

Zh. E. Zhaguparov¹, K. K. Kairbekov¹, M. S. Kuanyshbayev²

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

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

PASSIVE PROTECTION OF ECONOMIC FACILITIES DURING ARMED CONFLICTS: PRINCIPLES AND APPROACHES

Abstract. The article examines the theoretical, organizational, engineering, and technical foundations of the passive protection of economic facilities during armed conflicts. The relevance of the study is determined by the changing nature of contemporary military threats, in which not only military targets but also industrial, energy, transport, public utility, and social infrastructure facilities are exposed to hostile impacts. Particular attention is paid to the protection of facilities that support the population's vital needs, territorial resilience, and the operation of civil defence systems. The article defines passive protection as a set of pre-planned engineering, organizational, technological, spatial-planning, and recovery measures aimed at reducing the vulnerability of buildings, structures, fixed production assets, utility networks, and management systems. The main principles of passive protection are identified as advance preparation, an integrated approach, differentiation, reasonable sufficiency, priority protection of personnel, redundancy, mitigation of secondary damaging factors, and readiness for recovery. A mathematical framework for assessing the protection level of an economic facility is proposed. It is based on determining the protection coefficient, the probability of damage to individual elements, and an integral indicator of operational resilience. The findings may be used in developing plans to enhance the operational resilience of economic facilities during armed conflicts.

Keywords: passive protection, economic facilities, armed conflict, civil defence, operational resilience, fixed production assets, engineering protection, secondary damaging factors, critical facilities, potentially hazardous facilities, recovery, redundancy.

Сведения об авторах / Information about the authors

Жагупаров Жаксылык Ерикович – доктор PhD, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях Академии гражданской защиты имени М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: zhak_87_87@mail.kz

Каирбеков Кенесары Калейаскарович – кандидат военных наук, начальник кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях Академии гражданской защиты имени М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: kenesar25.07@mail.ru

Куанышбаев Мурат Сапаргалиевич – кандидат технических наук, начальник кафедры гражданской защиты Национального университета обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан. E-mail: muratkuanyshbaev@gmail.com

Zhakslyk E. Zhaguparov – Doctor PhD, Professor Department of Protection in Emergency Situations, Malik Gabdullin Civil Protection Academy of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: zhak_87_87@mail.ru

Kenessary K. Kairbekov – Candidate of Military Sciences, Head of the Department of Protection in Emergency Situations, Malik Gabdullin Civil Protection Academy of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: kenesar25.07@mail.ru

Murat S. Kuanyshbayev – Doctor of Philosophy (PhD), Head of the Civil Protection Department, National University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan. E-mail: muratkuanyshbaev@gmail.com

ӨОЖ 355.5851
ХҒТАР 78.19.11

Ж. Е. Жағұпаров¹, К. Қ. Қаирбеков¹, М. С. Қуанышбаев², Р. Д. Осипов¹

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

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

ЭКОНОМИКА ОБЪЕКТІЛЕРІНІҢ ЗЫМЫРАНДЫҚ СОҚҚЫҒА ҰШЫРАУЫ КЕЗІНДЕ ИНЖЕНЕРЛІК ЖАҒДАЙДЫ ТАЛДАУДЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗДЕРІ

Аңдатпа. Мақалада зымырандық соққыға ұшыраған экономика объектілеріндегі инженерлік жағдайды бағалаудың әдістемелік негіздері қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі қазіргі қарулы қақтығыстарда жоғары дәлдіктегі қару рөлінің артуымен және экономика объектілері мен халықтың тіршілікті қамтамасыз ету жүйелерінің орнықтылығын сақтау үшін соққы салдарын жедел әрі дәл бағалау қажеттілігімен айқындалады. Ұсынылған кешенді тәсіл қауіпті факторларды анықтауды, конденсацияланған жарылғыш заттар мен газ-ауа қоспаларының жарылыс параметрлерін есептеуді, соққы толқыны маңдайшебіндегі артық қысымды, бұзылу және сынықтық зақымдану аймақтарын белгілеуді, екінші реттік зақымдаушы факторларды бағалауды қамтиды. Өрттің ықтимал ауданын, үйінділердің параметрлерін, коммуналдық-энергетикалық желілердегі аварияларды есептеуге және ықтималдық тәуелділіктер негізінде халық арасындағы шығындарды болжауға назар аударылады. Өзірленген алгоритм зымырандық соққы салдарын жүйелі талдауға, бұзылу ауқымын, ғимараттар мен құрылыстардың зақымдану дәрежесін, авариялық-құтқару және қалпына келтіру жұмыстарының көлемін анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеудің практикалық маңыздылығы ұсынылған әдістемелік ережелерді азаматтық қорғау органдарының қызметінде қолдану мүмкіндігімен сипатталады. Оларды пайдалану зымырандық соққы салдарын жедел болжауға, басқарушылық шешімдердің негізділігін арттыруға және әскери сипаттағы төтенше жағдайларды жою іс-шараларын жоспарлауды жетілдіруге бағытталған.

Түйінді сөздер: инженерлік жағдай, зымырандық соққы, экономика объектісі, артық қысым, қирау аймақтары, үйінділер, халық шығындары, авариялық-құтқару жұмыстары, азаматтық қорғау.

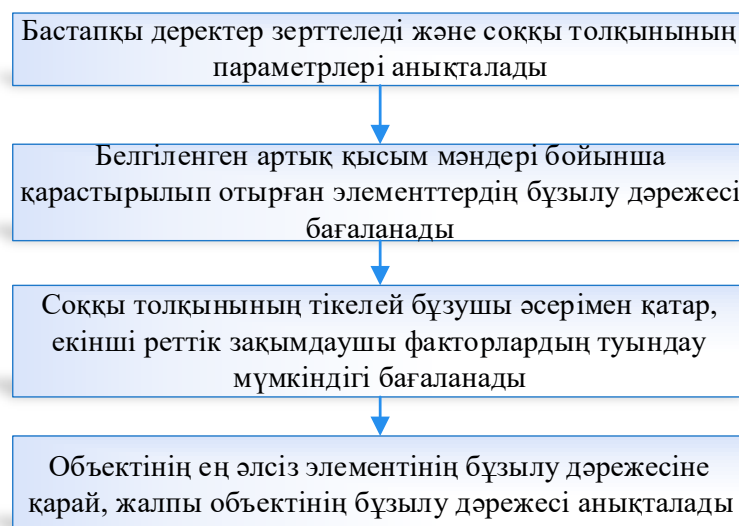
Кіріспе. Қазіргі қарулы қақтығыстарда зымырандық қаруды қолдану экономика объектілері мен тіршілікті қамтамасыз ету инфрақұрылымының зақымдану қаупін күшейтеді. Инженерлік жағдайды жедел бағалау қирау ауқымын, объектінің орнықтылығын және құтқару мен қалпына келтіру жұмыстарының көлемін анықтау үшін қажет.

Зерттеудің мақсаты – зымырандық соққы салдарын бағалаудың әдістемелік негіздерін жүйелеу және инженерлік талдау нәтижелерін басқарушылық шешімдермен байланыстыратын алгоритм ұсыну.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу азаматтық қорғау саласындағы нормативтік құқықтық актілерге, ғылыми жарияланымдар мен әдістемелік материалдарға негізделген. Жүйелік және салыстырмалы талдау, қирауларды модельдеу және аналитикалық бағалау әдістері қолданылды.

Инженерлік жағдай – объект элементтерінің зақымдануы салдарынан қалыптасып, оның орнықты жұмысына ықпал ететін жағдайлар жиынтығы [1]. Оны талдау ғимараттар мен инженерлік желілердің жай-күйін бағалауға, персонал қауіпсіздігін қамтамасыз етуге және шұғыл жұмыстардың көлемін анықтауға бағытталады [2, 3]. Аса маңызды элементтердің зақымдануын анықтау реті 1-суретте берілген [4].



Сурет 1 – Экономика объектісінің аса маңызды элементтерінің бұзылу және зақымдану дәрежесін анықтау блок-схемасы

Нәтижелер және оларды талқылау. Ұсынылған алгоритм бастапқы зақымданудан объектіні қалпына келтіруге дейінгі салдарларды өзара байланысты қарастырады (2-сурет).

Бірінші кезең – бастапқы деректер мен қауіптіліктерді анықтау. Объект жоспары, конструкциялар, инженерлік желілер, персонал және қауіпті заттар туралы деректер жинақталып, ықтимал авариялық сценарийлер белгіленеді.

Екінші кезең – жарылыс әсерін бағалау. Жарылғыш заттың түрі мен массасы, тротилдік эквиваленті, төсеніш беті және қашықтық бойынша соққы толқынының артық қысымы анықталады [5]. Сынықтық әсер олардың динамикалық тығыздығы мен осал элемент ауданы арқылы бағаланады [6].

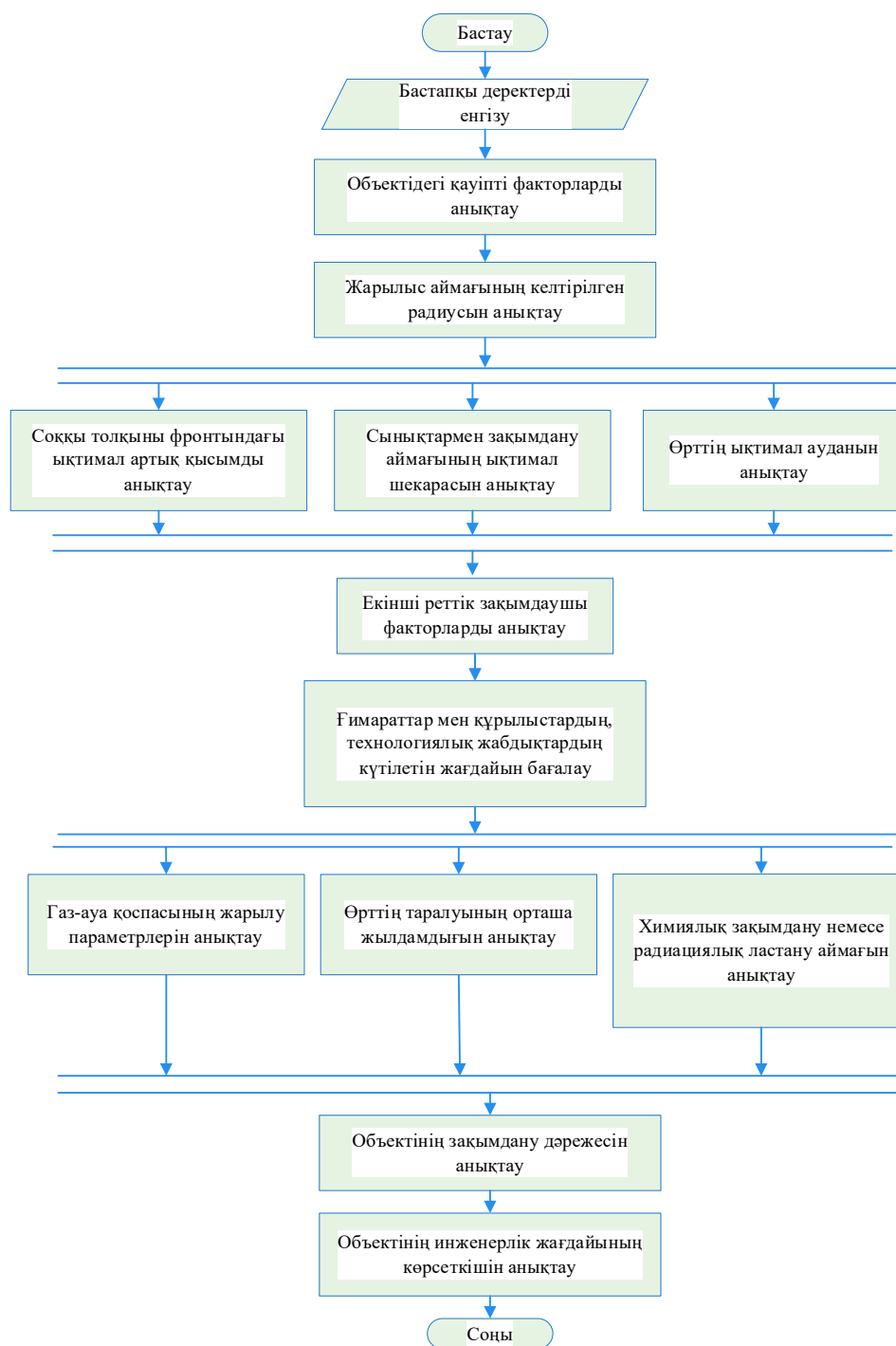
Үшінші кезең – екінші реттік факторларды бағалау. Өрт ауданы ошақтардың өлшемдері, құрылыс тығыздығы мен қабаттасуын, таралу жылдамдығы қашықтық пен уақытты ескере отырып анықталады [7]. Газ-ауа қоспасының жарылысы мен химиялық ластану зат қасиеттері және босап шығу жағдайлары бойынша жеке есептеледі [1, 8].

Төртінші кезең – зақымдануды жіктеу. Артық қысым конструкциялардың беріктік шектерімен салыстырылып, толық, күшті, орташа және әлсіз қирау аймақтары белгіленеді. Жабдыққа ғимарат сынықтарының қосымша әсері ескеріледі [9–11].

Бесінші кезең – үйінділер мен инфрақұрылымды бағалау. Үйінді көлемі, биіктігі, сынықтардың таралуы және өтпе жолдардың жабылуы анықталады.

Инженерлік желілердің зақымдануы тіршілікті қамтамасыз ету жүйелерінің үзілуі және қосымша авариялар қаупімен байланысты қарастырылады.

Алтыншы кезең – шығындар мен ресурстарды болжау. Адамдардың орналасуы, қирау дәрежесі және ықтималдық тәуелділіктер негізінде зардап шеккендер мен үйінді астында қалғандар саны бағаланады [10, 11]. Құтқару күштеріне, медициналық көмекке және уақытша баспанаға қажеттілік анықталады.



Сурет 2 – Қарапайым зақымдаушы құралдардың әсерінен кейін экономикалық объектідегі инженерлік жағдайдың ықтимал негізгі көрсеткіштерін есептеу алгоритмінің блок-схемасы

Объектідегі қауіптіліктерді сәйкестендіру қауіптілік көздерін анықтау және олардың сипаттамалары мен зақымдаушы факторларын айқындау болып табылады. Қауіптіліктерді сәйкестендіру негізінде авариялардың даму блок-схемалары – «істен шығу ағаштары» құрылады.

Жарылғыш заттың конденсацияланған түріндегі оқ-дәрінің жарылыс параметрлері оның түріне, тиімді массасына, тірек бетінің сипатына, сондай-ақ объектінің жарылыс орталығынан қашықтығына байланысты анықталады. Бұл қашықтық объект жоспарының масштабына сәйкес беріледі немесе қабылданады.

Жарылыс аймағының келтірілген радиусы $\bar{R}$ бірінші формула бойынша анықталады [5]:

$$\bar{R} = \frac{L}{\sqrt[3]{2\eta C k_{\text{эф}}}} \quad (1)$$

мұндағы L – ғимараттың (геометриялық орталығының) жарылыс орталығынан қашықтығы, м;

η – төсеніш бетінің сипатын ескеретін коэффициент;

C – оқ-дәрідегі жарылғыш заттың массасы, кг;

$k_{\text{эф}}$ – әртүрлі жарылғыш заттарды тротилге келтіру коэффициенті.

Алынған келтірілген радиус мәніне байланысты жарылыс әсер ету аймағында ауа соққы толқынының маңдайшебіндегі артық қысым (2 және 3 формулалар бойынша) есептеледі [5, 7 б.]:

$$\bar{R} \leq 6,2 ; \Delta P_{\text{эф}} = \frac{7}{3(\sqrt{1+\bar{R}^3}-1)} \quad (2)$$

$$\bar{R} > 6,2 ; \Delta P_{\text{эф}} = \frac{0,7}{\bar{R}(\sqrt{\log_{10} \bar{R}-0,332})} \quad (3)$$

Сынықтармен зақымдану аймағы (4-формула) [6].

$$G = 1 - e^{-\Pi_d S_y} \quad (4)$$

мұндағы G – нысананың зақымдану ықтималдығы;

Π_d – сынықтардың динамикалық тығыздығы;

S_y – осал нысананың ауданы.

Өрттің ықтимал ауданы азаматтық қорғаныс тәжірибесінде және төтенше жағдайлардың салдарын бағалауда қолданылатын, құрылыс тығыздығы мен ошақтардың қабаттасу коэффициенттерін ескере отырып, жекелеген ошақтардың аудандарын қосуға негізделген жалпыланған есептік тәуелділік бойынша анықталады.

Өрттің ықтимал ауданын анықтау (5-формула) [7].

$$S = N\pi R^2 k\varphi \quad (5)$$

мұндағы πR^2 – бір оқ-дәріден туындайтын өрт ошағының (немесе әсер ету аймағының) ауданы;

N – оқ-дәрілердің (зымырандардың) саны;

k – құрылыс тығыздығының (немесе аумақтың жанғыштық дәрежесінің) коэффициенті;

φ – өрт ошақтарының қабаттасу (жабылу) коэффициенті.

Газ-ауа қоспасының жарылыс толқынының радиусы 6-формула бойынша анықталады [1, 167 б.]:

$$r_0 = 18,5 \sqrt[3]{kQ} \quad (6)$$

мұндағы k – сұйытылған газдың жарылыс қоспасына ауысу коэффициенті, $k = 0,6$ деп қабылданады;

Q – сақталатын сұйытылған газдың массасы, т.

Жылыс орталығынан қарастырылып отырған объектіге дейінгі қашықтық r_1 және жарылыс толқынының радиусы мәндеріне байланысты интерполяция әдісі арқылы газ-ауа қоспасының жарылыс параметрлері – жарылыс бұлты аймағындағы артық қысым (1-кесте бойынша) анықталады [1, 168-б.].

1-кесте – $\Delta P_{фг}$ шамасының $\frac{r}{r_0}$ қатынасына тәуелділігі

r_1/r_0	0-1	1,01	1,04	1,08	1,2	1,4	1,8	2,7	3	4	5	6	8	12	50
$\Delta P_{фг}$	17	12,32	8,14	5,68	4	3	2	1	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05

Өрттің таралуының орташа жылдамдығын анықтау (7-формула) [7, 158-б.].

$$V_{cp} = \frac{R}{\tau} \quad (7)$$

мұндағы R – жалын маңдайшебінің берілген бағытта жүріп өткен қашықтығы, м;
 τ – өртті оқшаулау сәтіне дейін жанудың таралу уақыты, с.

Өрттің таралуының орташа жылдамдығы өрттің радиусының (немесе ауданының өсімінің) оның даму уақытына қатынасы ретінде, объектінің жағдайлары мен сыртқы факторларды ескере отырып анықталады.

Мүмкін болатын химиялық зақымдану аймағын анықтау 8-формула бойынша жүргізіледі [8].

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi \quad (8)$$

мұндағы S_B – сұйытылған газдың жарылғыш қоспаға айналу коэффициенті, $k = 0,6$ деп қабылданады;

Γ – инфекция аймағының тереңдігі, км;

Q – сақталатын сұйытылған газдың массасы, т.

Объектінің зақымдану дәрежесін анықтау (9, 10-формулалар бойынша) [9].

$$\xi_{зд} = \frac{\Delta P_{\phi}}{1,7 \Delta P_{\phi}^*} \quad (9)$$

$$\xi_{\text{то}} = \frac{\Delta P_{\phi}}{1,7 \Delta P_{\text{то}}^*} \cdot K_1 \quad (10)$$

мұндағы ΔP_{ϕ} – ғимаратқа (технологиялық жабдыққа) әсер ететін ауа соққы толқыны маңдайшебіндегі артық қысым, кг/см²;

$\Delta P_{\text{то}}^*$ – ғимараттардың (технологиялық жабдықтардың) күшті бұзылуын тудыратын ΔP_{ϕ} мәні, кг/см² (Демиденко Г.П. анықтамалығы бойынша анықталады) [10, 11];

1,7 – ядролық емес жарылыс үшін анықтамалықтағы ΔP_{ϕ} мәндерін қолдануға мүмкіндік беретін коэффициент;

K_1 – ғимарат конструкцияларының сынықтарымен технологиялық жабдықтың зақымдануын ескеретін коэффициент.

K_1 мәндері мынадай болып қабылдануы мүмкін:

егер $\xi_{\text{зд}} \leq 0,5$	$K_1 = 1$;
егер $\xi_{\text{зд}} = 0,5 - 1,25$	$K_1 = 1,15$;
егер $\xi_{\text{зд}} > 1,25$	
а) жеңіл қоршау конструкциялары бар ғимараттар үшін	$K_1 = 1,2$;
б) темірбетон панельдерден тұрғызылған қабырғалары бар ғимараттар үшін	$K_1 = 1,6$;
в) кірпіш қабырғалы және бетон блоктардан салынған ғимараттар үшін	$K_1 = 2$.

Зымыран соққысына ұшыраған экономика объектісіндегі инженерлік жағдайды бағалау жарылыс орталығынан әртүрлі қашықтықтағы артық қысымды есептеуден басталады. Алынған мәндерді конструкциялардың беріктік шектерімен салыстыру арқылы толық, күшті, орташа және әлсіз қирау аймақтары объект жоспарына түсіріліп, зақымданған ғимараттар саны анықталады.

Одан кейін үйінділердің көлемі мен биіктігі, сынықтардың таралу қашықтығы, массасы мен өлшемдері, коммуналдық-энергетикалық желілердегі авариялар және жабылған өтпе жолдардың ұзындығы бағаланады. Ғимараттардың қирау дәрежесі мен ықтималдық тәуелділіктер негізінде зардап шеккендер, үйінді астында қалғандар, қайтымсыз және санитарлық шығындар болжанады.

Осы деректер бойынша уақытша баспанаға, медициналық пункттерге және құтқару күштеріне қажеттілік анықталып, авариялық-құтқару және басқа да шұғыл жұмыстар жоспарланады.

Қорытынды. Экономика объектісінің зымырандық соққыға ұшырауы кезіндегі инженерлік жағдайды бағалау қауіптіліктерді сәйкестендіру, жарылыс пен екінші реттік әсерлерді есептеу, қирауларды жіктеу, үйінділер мен желілердің жай-күйін талдау және зардап шеккендер мен ресурстық қажеттілікті болжау кезеңдерінен тұратын біртұтас процесс ретінде ұсынылды. Оның практикалық құндылығы – техникалық бағаларды адамдарды қорғау, авариялық-құтқару жұмыстарын ұйымдастыру және объектінің жұмыс істеу орнықтылығын қалпына келтіру міндеттерімен байланыстыру. Нәтижелерді қолдану бастапқы деректердің сапасын тексерумен және нақты жағдай бойынша түзетумен қатар жүргізілуі тиіс.

Мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің жас ғалымдардың зерттеулерін гранттық қаржыландыру аясында «Жас ғалым» жобасы бойынша 2026-2028 жылдарға арналған ғылыми-зерттеу жұмысы шеңберінде әзірленді (ИРН АР32520135) «Азаматтық қорғаныс санаттарына жатқызылған ұйымдардың қарулы қақтығыстар жағдайында пассивті қорғаныс жүйесінің ұтымды моделін әзірлеу және негіздеу».

Әдебиеттер тізімі

1. Чрезвычайные ситуации: защита населения и территорий: учебное пособие / В.И. Юртушкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КНОРУС, 2011. – 368 б.
2. Бронников М.А., Тарабаев Ю.Н., Гутовский А.В. Анализ возможной инженерной обстановки, складывающейся при возникновении разрушительного землетрясения в камчатском крае / «Актуальные вопросы инженерной защиты населения и территорий» атты халықаралық қатысуымен өткен Бүкілресейлік ғылыми-практикалық конференция еңбектер жинағы. – Химки: Ресей ТЖМ генерал-лейтенант Д.И. Михайлик атындағы Азаматтық қорғау академиясы, 2024. – Б. 28-33.
3. Анализ рекомендаций по оценке возможной инженерной обстановки, которая может сложиться в результате применения потенциальным противником обычных средств поражения / XXVIII Халықаралық ғылыми-практикалық конф. «Проблемные вопросы инженерной защиты населения и территорий» еңбектер жинағы. – 2018. – Баспа: Ресей ТЖМ генерал-лейтенант Д.И. Михайлик атындағы Азаматтық қорғау академиясы. – Б. 44-46.
4. Kuanyshbayev M., Akimbayev Y., Zhaguparov Zh. Simulation-based approach to improving the functional stability of critical infrastructure objects under high-load stress conditions // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. – 2026. – Т. 14, № 1. – 213-226 б.
5. Жаулыбаев А.А. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы по дисциплине «Тактика спасательных работ и ликвидация чрезвычайных ситуаций» / Жаулыбаев А.А. – Көкшетау: ҚР ТЖМ КТИ баспасы, 2020. – 23 б.
6. Балаганский И.А. Действие средств поражения и боеприпасов: учебник / жалпы редакциясын басқарған Балаганский И.А. – М.: Новосибирск техникалық университеті баспасы, 2016. – 253 б.
7. Аубакиров С. Справочник руководителя тушения пожара / «Tengri Ltd» баспасы. – Қарағанды. – 292 б.
8. Қазақстан Республикасы Ішкі істер министрлігінің Төтенше жағдайлар комитеті төрағасының 2018 жылғы 9 тамыздағы №149 бұйрығы «Химиялық жағдайды болжау және бағалау бойынша әдістемелік ұсынымдарды бекіту туралы».
9. ГОСТ Р 42.2.01-2014 «Азаматтық қорғаныс. Қауіптілігі жоғары объектілердің, қорғаныс және қауіпсіздік объектілерінің зақымдаушы факторлардың әсері жағдайындағы жай-күйін бағалау. Есептеу әдістері».
10. Демиденко Г.П., Кузменко Е.П., Орлов П.П., Пролыгин В.А., Сидоренко Н.А. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения – 2-е басылым. Анықтамалық. – Киев: «Выща школа» баспасы, 1989. – 283 б.
11. 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 // Азаматтық қорғаудағы ғылым мен білім. – Көкшетау, 2026. – № 1(61). – Б. 25-38.

References

1. Chrezvychaynye situatsii: zashchita naseleniya i territoriy: uchebnoe posobie / V.I. Yurtushkin. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: KNORUS, 2011. – 368 s.
2. Bronnikov M.A., Tarabaev Yu.N., Gutovskiy A.V. Analiz vozmozhnoy inzhenernoy obstanovki, skladyvayushcheysya pri vozniknovenii razrushitelnogo zemletryaseniya v kamchatskom krae / Sbornik trudov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Aktualnye voprosy inzhenernoy zashchity naseleniya i territoriy». – Khimki, 2024. – Izd.: Akademiya grazhdanskoy zashchity MChS Rossii im. general-leytenanta D.I. Mikhaylika. – S. 28-33.
3. Analiz rekomendatsiy po otsenke vozmozhnoy inzhenernoy obstanovki, kotoraya mozhet slozhitsya v rezultate primeneniya potentsialnym protivnikom obychnykh sredstv porazheniya / Sbornik trudov XXVIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemnye voprosy inzhenernoy zashchity naseleniya i territoriy». – 2018. – Izd.: Akademiya grazhdanskoy zashchity MChS Rossii im. general-leytenanta D.I. Mikhaylika. – S. 44-46.
4. Kuanyshbayev M., Akimbayev Y., Zhaguparov Zh. Simulation-based approach to improving the functional stability of critical infrastructure objects under high-load stress conditions // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. – 2026. – Vol. 14, No. 1. – P. 213-226.
5. Zhaulybaev A.A. Metodicheskie rekomendatsii po vypolneniyu kursvoy raboty po distsipline «Taktika spasatelnykh rabot i likvidatsiya chrezvychaynykh situatsiy». – Kokshetau: Izd. KTI MChS RK, 2020. – 23 s.
6. Balaganskiy I.A. Deystvie sredstv porazheniya i boepripasov: uchebnik / pod obshchey red. Balaganskiy I.A. – M.: Novosibirskiy tekhnicheskoy universitet, 2016. – 253 s.
7. Aubakirov S. Spravochnik rukovoditelya tusheniya pozhara. – Karaganda: Izd. «Tengri Ltd». – S. 292.
8. Prikaz Predsedatelya Komiteta po chrezvychaynym situatsiyam Respubliki Kazakhstan Ministerstva vnutrennikh del ot 9 avgusta 2018 goda №149 «Ob utverzhdenii Metodicheskikh rekomendatsiy po prognozirovaniyu i otsenke khimicheskoy obstanovki».
9. GOST R 42.2.01-2014 «Grazhdanskaya oborona. Otsenka sostoyaniya potentsialno opasnykh obektov, obektov oborony i bezopasnosti v usloviyakh vozdeystviya porazhayushchikh faktorov obychnykh sredstv porazheniya. Metody rascheta».
10. Demidenko G.P., Kuzmenko E.P., Orlov P.P., Prolygin V.A., Sidorenko N.A. Zashchita obektov narodnogo khozyaystva ot oruzhiya massovogo porazheniya – 2-e izd. Spravochnik. – Kiev: Izd. Vyshcha shkola, 1989. – S. 283.
11. Zhaguparov Zh.E., Kaliev A.Z., Kuanyshbayev M.S., Kairbekov K.K., Agazhaeva L.O. K voprosu otsenki effektivnosti meropriyatiy po povysheniyu ustoychivosti funktsionirovaniya organizatsiy v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoy zashchite. – Kokshetau, 2026. – No. 1(61). – S. 25-38.

Ж. Е. Жагупаров¹, К. К. Каирбеков¹, М. С. Куанышбаев², Р. Д. Осипов¹

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

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА ИНЖЕНЕРНОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ПОРАЖЕНИИ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ РАКЕТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Аннотация. В статье рассматриваются методические основы оценки инженерной обстановки на объектах экономики, подвергшихся ракетному удару. Актуальность

исследования обусловлена возрастанием роли высокоточного оружия в современных вооружённых конфликтах и необходимостью оперативной и точной оценки последствий ударов для обеспечения устойчивости объектов экономики и систем жизнеобеспечения населения. Предлагаемый комплексный подход включает выявление опасных факторов, расчёт параметров взрывов конденсированных взрывчатых веществ и газоздушных смесей, определение избыточного давления во фронте ударной волны, зон разрушений и осколочного поражения, оценку вторичных поражающих факторов. Внимание уделяется расчёту вероятной площади пожаров, параметров завалов, аварий на коммунально-энергетических сетях и прогнозированию потерь среди населения на основе вероятностных зависимостей. Разработанный алгоритм позволяет системно анализировать последствия ракетного удара, определять масштабы разрушений, степень повреждения зданий и сооружений, объёмы аварийно-спасательных и восстановительных работ. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения предложенных методических положений в деятельности органов гражданской защиты. Их использование направлено на оперативное прогнозирование последствий ракетных ударов, повышение обоснованности управленческих решений и совершенствование планирования мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций военного характера.

Ключевые слова: инженерная обстановка, ракетный удар, объект экономики, избыточное давление, зоны разрушений, завалы, потери населения, аварийно-спасательные работы, гражданская защита.

Zh. E. Zhagupovarov¹, K. K. Kairbekov¹, M. S. Kuanyshbayev², R. D. Osipov¹

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

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

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS FOR THE ANALYSIS OF ENGINEERING CONDITIONS UNDER MISSILE STRIKES ON ECONOMIC FACILITIES

Abstract. The article examines methodological approaches to assessing structural and infrastructure damage at economic facilities subjected to missile strikes. The study's relevance stems from the increasing role of precision weapons in contemporary armed conflicts and the need for rapid, accurate assessment of strike consequences to maintain the resilience of economic facilities and essential services. The proposed integrated approach includes identifying hazards, calculating explosion parameters for condensed explosives and gas-air mixtures, determining shock-front overpressure and zones of destruction and fragmentation damage, and assessing secondary damaging effects. Attention is given to estimating the potential area affected by fires, debris characteristics, and failures in utility and energy networks, as well as predicting casualties using probabilistic relationships. The developed algorithm enables systematic analysis of missile strike consequences, determination of the extent of destruction and damage to buildings and structures, and assessment of the scope of rescue and recovery operations. The study's practical significance lies in the potential application of the proposed methodological framework by civil protection authorities. Its use is intended to support rapid forecasting of missile strike consequences, strengthen the basis for management decisions, and improve the planning of measures to address conflict-related emergencies.

Keywords: engineering conditions, missile strike, economic facility, overpressure, destruction zones, debris, population losses, emergency rescue operations, civil protection.

Авторлар туралы мәлімет / Сведения об авторах / Information about the authors

Жағұпаров Жақсылық Ерікұлы – философия докторы (PhD) («Қару-жарақ және әскери техника» бағыты бойынша), Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясының Төтенше жағдайларда қорғау кафедрасының профессоры, Көкшетау, Қазақстан. E-mail: zhak_87_87@mail.kz

Қайырбеков Кенесары Қалиасқарұлы – Әскери ғылымдар кандидаты (PhD), Қазақстан Республикасы ТЖМ М. Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясының Төтенше жағдайларда қорғау кафедрасының бастығы, Көкшетау Қазақстан. E-mail: kenesar25.07@mail.ru

Мұрат Сапарғалиұлы Қуанышбаев – техника ғылымдар кандидаты, Қазақстан Республикасы Ұлттық қорғаныс университетінің Азаматтық қорғау кафедрасының бастығы, Астана, Қазақстан. E-mail: muratkuanysbbaev@gmail.com

Осипов Рустам Дукенбайұлы – магистр, Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясының Төтенше жағдайларда қорғау кафедрасының доценті, Көкшетау, Қазақстан. E-mail: osipov_rustam@mail.ru

Zhakslyk E. Zhaguparov – Doctor of Philosophy (PhD) (specialization: Weapons and Military Equipment), Professor, Department of Protection in Emergency Situations, Malik Gabdullin Civil Protection Academy of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: zhak_87_87@mail.ru

Kenessary K. Kairbekov – Candidate of Military Sciences (PhD), Head of the Department of Protection in Emergency Situations, Malik Gabdullin Civil Protection Academy of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: kenesar25.07@mail.ru

Murat S. Kuanyshbayev – Doctor of Philosophy (PhD), Head of the Civil Protection Department, National University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan. E-mail: muratkuanysbbaev@gmail.com

Rustam D. Osipov – Master's degree holder, Associate Professor of the Department of Protection in Emergency Situations at the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: osipov_rustam@mail.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 622.8:622.1:528
МРНТИ 52.13.59

С. Г. Габбасов, Ж. З. Толеубекова, З. Н. Курмангалиева

*НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени
Сакена Сейфуллина», Астана, Казахстан*

ДЕЙСТВЕННЫЙ МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ РАБОТ - ЭФФЕКТИВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ, МАРКШЕЙДЕРСКОЙ И ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЛУЖБ

Аннотация. В статье освещен чрезвычайно актуальный комплекс вопросов, связанных с обеспечением промышленной безопасности. Применяемые методы исследования базировались на основном принципе гражданской защиты – минимизации угроз и ущерба гражданам и обществу от чрезвычайных ситуаций, в их числе аварий на шахтах и карьерах. На примерах промышленных аварий из мировой и отечественной практики, их обстоятельств и причин, результатов проведенного ранее анализа исследований инженерно-геологических явлений на карьерах в статье показано, что значительную угрозу жизни и здоровью людей, представляет вредное воздействие опасных геомеханических процессов. С учетом названных угроз, отмечена высокая значимость скоординированного взаимодействия геомеханической, маркшейдерской, геодезической служб и основных производственных структур в обеспечении промышленной безопасности при ведении подземных и открытых горных работ.

Ключевые слова: промышленная безопасность, геомеханическая служба, маркшейдерская служба, геодезия, обрушения подземного выработанного пространства; оползни и обрушения откосов уступов, мониторинг геомеханического состояния месторождения.

Введение. Чрезвычайная актуальность темы исследования предопределена настоятельной необходимостью минимизации угроз и ущерба людям от аварий с пострадавшими и человеческими жертвами на опасных производственных объектах недропользования.

Необходимо отметить, что мероприятия по обеспечению промышленной безопасности в соответствии с Законом «О гражданской защите», [1], включены в общегосударственный комплекс мероприятий, направленных на предупреждение и ликвидацию ЧС техногенного характера и их последствий.

Кодекс «О недрах и недропользовании» [2] устанавливает, что при проведении работ, связанных с недропользованием, должно обеспечиваться приостановление работ в случае возникновения непосредственной угрозы жизни работников,

выведение людей в безопасное место и осуществление мероприятий, необходимых для выявления опасности.

Методы исследования (аналитический и правовой).

Аналитический метод исследования был направлен на установление, имевших место в мировой и отечественной практике наибольших масштабов и негативных последствий от опасных производственных факторов на шахтах и карьерах.

В ходе реализации правового метода исследования было установлено, что правовые основы для выполнения на практике вышеуказанных приоритетных задач заложены в Законе «О гражданской защите» [1], где общие требования промышленной безопасности представлены статьями 69-81 отдельной главы 14 и пунктами ряда других отдельных его статей.

В свою очередь, Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы [3] определяют порядок обеспечения промышленной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации, расширении, реконструкции, модернизации, консервации и ликвидации опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы.

Особо ценным является то, что адресные требования по предупреждению вредного воздействия опасных геомеханических процессов и явлений, вызванных горными работами в составе Правил [3] выделены в 3 отдельных подраздела. При этом, в них систематизированы вопросы проведения мониторинга, наблюдения, оценки, прогноза опасных геомеханических ситуаций, а также планирования горных работы с учетом обеспечения безопасной отработки потенциально опасных участков.

Результаты и обсуждения

Результаты аналитического метода исследования. Нижеприведенные примеры промышленных аварий из мировой и отечественной практики показывают, что значительную угрозу жизни и здоровью людей, причинения материального ущерба физическим и юридическим лицам представляют обрушения подземного выработанного пространства, налегающей толщи пород и образовавшиеся вследствие этого провалы на земной поверхности, а также оползней и обрушений откосов уступов на открытых горных работах.

Так, 21 января 1960 года на угольной шахте «Коулбрук» произошло масштабное обрушение, ставшее крупнейшей техногенной катастрофой в горной промышленности Южно-Африканской Республики. Из 438 горняков, находившихся под землёй в зоне этой катастрофы, выжил лишь один. Главной причиной обрушения стало извлечение из шахты большей доли угля, чем позволяли геологические условия и применявшиеся технологии [4].

Гигантский оползень 10 апреля 2013 года засыпал самый большой в мире карьер Бингем-Каньон в штате Юта, США (1,2 км глубиной и 4 км в диаметре), в результате которого были уничтожены часть комплекса зданий, находящихся у карьера, а также горная техника [5].

Происшедшее 24 июня 1996 года обрушение горного массива под выработанным пространством в районе ствола шахты № 47 АО «Жезказганцветмет» с выходом на поверхность, привело к разрушению здания дробильного цеха ОТК и гибели 5 работников. Правительственная комиссия по расследованию данного группового несчастного случая в числе выявленных причин установила

недостаточную эффективность методов контроля за состоянием выработанного пространства и налегающих пород на полях шахт 42-51, также невыполнение специалистами геомеханической службы в полной мере своих должностных обязанностей.

Премьер-Министр Республики Казахстан распоряжением от 23 августа 1996 года N 400-р [6] в целях предотвращения аварий от обрушений налегающей толщи пород с выходом на поверхность на рудниках поручил Министерству промышленности и торговли, АО «Жезказганцветмет» совместно с управляющей компанией «Самсунг Дойчланд ГмБх», участием акима Жезказганской области, научно-исследовательских и проектных организаций, а также Госгортехнадзору Республики Казахстан реализовать специальные мероприятия и программу. Одним из главных результатов данной работы является переселение жителей и выноса промышленных зданий, сооружений, инженерных и транспортных коммуникаций из зон опасного влияния горных работ.

В результате внезапного обвала на территории шахты АО "Майкаинзолото" 4 января 2024 года автобус с сотрудниками ТОО «Республиканский центральный штаб профессиональных военизированных аварийно-спасательных служб» провалился в очистное пространство, 4 горноспасателя погибли. В ходе проведенного всестороннего расследования, комиссия пришла к выводу, что в числе причин данного группового несчастного случая был не проводимый должным образом производственный контроль за безопасным ведением горных работ, а также контроль за процессом обрушения из выработок при отработке блоков [7].

В текущем году (28 января) на шахте в Демократической Республике Конго произошел масштабный обвал, в результате которого погибло не менее 227 человек. Обвал был вызван оползнем, который стал следствием сильных дождей на фоне многолетней неэффективной добычи и отсутствия технического обслуживания [8].

Результаты правового метода исследования. Для обеспечения контроля за безопасным ведением горных работ на всех шахтах и карьерах действующие Правила промышленной безопасности устанавливают обязательность организации геомеханической (геотехнической) службы [3].

1. В целях обеспечения промышленной безопасности геомеханическая служба при эксплуатации месторождений подземным способом в соответствии с Правилами в обязательном порядке должна выполнять следующий последовательный и детальный комплекс работ [3]:

- производить мониторинг геомеханического состояния горных выработок и земной поверхности разрабатываемого месторождения;
- проводить наблюдение за сдвижением горных пород и проявлениями горного давления, совместно с геологической службой составлять проекты установления границ опасных зон по прорывам воды, ядовитых и горючих газов;
- принимать участие в планировании горных работ и в решении основных вопросов разработки месторождений;
- вести оценку геомеханического состояния на участке ведения горных работ с выдачей рекомендаций по безопасным способам производства горных работ и контролирует их исполнение;
- вести прогноз развития геомеханических сдвижений, в том числе с привлечением научных специализированных организаций;
- выявлять опасные геомеханические участки;

- прогнозировать опасные геомеханические ситуации;
- планировать горные работы с учетом обеспечения безопасной отработки опасных участков.

Основная задача геотехнического сопровождения подземных горных работ заключается в обеспечении безопасной отработки месторождения, которая достигается путем визуального, инструментального и приборного наблюдения.

На горном предприятии разрабатываются меры, предотвращающие вредное влияние горных разработок на здания, сооружения и коммуникации, расположенные в горном отводе разрабатываемого месторождения с применением автоматизированной (цифровой) системы диспетчеризации.

2. Безусловна высокая значимость и отдельная специфика работы геомеханической службы в обеспечении промышленной безопасности при строительстве и эксплуатации объектов, ведущих горные работы открытым способом.

Основными работами геомеханической службы при открытых горных работах являются [3]:

- мониторинг и наблюдения за деформациями бортов, откосами уступов и отвалов, разработка мероприятий по обеспечению их устойчивости;
- установление оптимальных параметров откосов участков горных работ;
- предупреждение оползней и обрушений откосов на открытых горных работах, разработка и применение мер, исключающих проявление деформаций, опасных для жизни людей.

Для проведения инструментальных наблюдений за деформациями бортов карьеров и откосов отвалов закладываются специальные наблюдательные станции, на которых периодически проводятся инструментальные наблюдения. Геомеханической службой ведутся инструментальные наблюдения за состоянием бортов и уступов карьера.

Геомеханической службой составляются паспорта нарушений (деформации) устойчивости откосов на открытых горных работах (оползней, обрушений, оплывин, осыпей фильтрационных деформаций) с целью накопления и систематизации сведений о характере и причинах различных видов нарушений устойчивости. Эти сведения после обобщения и анализа используются для прогнозирования деформаций и разработки противооползневых мероприятий [3]. В случае обнаружения признаков сдвижения пород (деформации массива), все работы в опасной зоне возможного обрушения прекращаются. Маркшейдерской и геомеханической службами определяется опасная зона, которая ограждается предупредительными знаками.

3. Для обеспечения контроля за качественным и безопасным ведением горных работ на всех шахтах и карьерах, обеспечения их всеми видами маркшейдерской документации в обязательном порядке, наряду с геомеханической, организовывается маркшейдерская служба [3].

В целях обеспечения промышленной безопасности маркшейдерская служба при эксплуатации месторождений открытым и подземным способом в составе выполняемого обширного комплекса работ задает направления горным выработкам и наблюдает при их проведении за соблюдением проектных направлений и параметров. Как известно основы промышленной безопасности закладываются именно на стадии технологического проектирования.

В тоже время, связь геомеханики с маркшейдерией основана на том, что в задачи маркшейдерской службы горных предприятий входят организация и проведение инструментальных наблюдений за процессами сдвижения горных пород, деформациями горных выработок, устойчивым состоянием конструктивных элементов систем разработки, деформациями земной поверхности, зданий и сооружений, за устойчивостью уступов, бортов карьеров и откосов отвалов. Именно деформации горных пород и силы, вызывающие эти деформации, и являются предметом геомеханики как науки [9].

Следует особо отметить, что научные исследования, прогнозирование и оценка опасности возможных ЧС, в том числе аварий и инцидентов на объектах недропользования республики Закон «О гражданской защите» [1] относит к общим мероприятиям гражданской защиты по их предупреждению.

Кодекс «О недрах и недропользовании» [2] к числу обязательных условий, содержащихся в контракте на недропользованием, относит обязательства недропользователя по расходам на научно-исследовательские, научно-технические и опытно-конструкторские работы на территории Республики Казахстан в период добычи.

Изначально определяющая роль в глубокой проработке вопросов снижения геомеханических рисков, повышения безопасности и эффективности горных работ на рудниках принадлежит научно-практическим конференциям, научно-прикладным публикациям в рейтинговых научных изданиях.

В октябре 2023 года в г. Щучинск прошёл первый Форум геотехников, организатором которого выступила компания RG Gold, в работе которой приняли участие около 100 специалистов из крупнейших горнорудных предприятий Казахстана и соседних стран, в том числе из России и Узбекистана [10]. В мае 2024 года в г. Жезказган прошла первая Международная конференция по геомеханике, организованная корпорацией Казахмыс. Мероприятие собрало более 60 ученых и специалистов из России и Казахстана, а также представителей государственных органов и различных компаний [11].

В деле содействия внедрению эффективных методов наблюдения, оценки и прогноза опасных геомеханических процессов, существенно влияющих на безопасность горных работ, безусловна значимость ряда статей последнего времени в научных изданиях, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки Министерства образования и науки РК [12-16].

Заключение. Эффективная организация деятельности геомеханической, маркшейдерской и геодезической служб в их взаимодействии с основными производственными структурами является действенным механизмом обеспечения промышленной безопасности на подземных и открытых горных работах в Казахстане. Этому в первую очередь будет способствовать выполнение следующих обязательных условий:

1. Основы промышленной безопасности открытых и подземных горных работ должны закладываться уже на стадии технологического проектирования. На предпроектном этапе разработки Плана горных работ месторождения должны проводиться работы по определению его склонности к опасным геомеханическим процессам и явлениям, прогнозу их развития, в том числе с привлечением научных специализированных организаций.

В целом План горных работ должен содержать меры по предупреждению вредного воздействия опасных геомеханических процессов и явлений.

2. В числе установленного Правилами комплекса безотлагательных превентивных мер являются мероприятия по предотвращению прорывов воды при ведении горных работ в опасных зонах.

В качестве обоснования этому следует отметить, что проведенный специалистами высокого уровня в рассматриваемой сфере анализ исследований инженерно-геологических явлений на карьерах позволил сделать вывод, что 95 % всех деформаций составляют оползни, переходящие в оплывины [17]. К основным факторам их возникновения на карьерах обоснованно отнесено переувлажнение – наводнения и весенний паводок [18].

3. Важнейшим условием достижения эффективности служб в соответствии с обязательными требованиями Правил является контроль геомеханического состояния разрабатываемого месторождения путем непрерывного автоматизированного наблюдения с применением современных радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств, выполняющих функции оперативного мониторинга и раннего оповещения опасных сдвижений, и (или) путем инструментальных наблюдений с применением высокоточных геодезических приборов. Современные системы оперативного мониторинга и раннего оповещения, а также геодезические приборы сегодня являются цифровыми.

Обязательная практическая реализация названных мер явится прочной основой для выполнения поручений Главы государства, данных после трагедии на руднике «Жомарт» Корпорации «Казахмыс» в области Ылытау по цифровизации на опасных производствах объектах в части внедрения автоматизированных систем прогнозирования и оповещения [19].

Список литературы

1. Закон Республики Казахстан. О гражданской защите: утв. 11 апреля 2014 года, № 188-V ЗРК.
2. Кодекс Республики Казахстан. О недрах и недропользовании: утв. 27 декабря 2017 года, № 125-VI ЗРК.
3. Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы, утвержденных приказом Министра по инвестициям и развитию РК от 30 декабря 2014 года № 352 в соответствии с подпунктом 14 статьи 12-2 Закона РК от 11 апреля 2014 года "О гражданской защите".
4. De Beer, J. H. The History of Geophysics in Southern Africa. – African Sun Media, 2016. – P. 90. – 648 p. – ISBN 9781920689803. «Coalbrook disaster ... remains the worst accident in South African mining history».
5. Официальный сайт Геологической службы штата Юта Департамента природных ресурсов штата Юта (США) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geology.utah.gov/map-pub/survey-notes/beringham-canyon-manefay-landslides/> (дата обращения 06.08.2026 г.).
6. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан «Әділет» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://adilet.zan.kz/rus/docs/R960000400_ (дата обращения 06.08.2026 г.).
7. Официальный сайт сетевого издания «Казахстанская правда» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kazpravda.kz/n/padenie-avtobusa-v-maykaine-kompaniya-proigrala-sud/> (дата обращения 06.08.2026 г.).

8. More than 200 killed in coltan mine collapse in eastern DRC, officials say [Электронный ресурс] // The Guardian. – Reuters, 2026. – 30 January. – Режим доступа: <https://www.theguardian.com/world/2026/jan/30/more-than-200-killed-in-coltan-mine-collapse-in-eastern-drc-officials-say> (дата обращения: 06.08.2026).
9. Нурпеисова М.Б., Иофис М.А., Милетенко И.В. Геомеханика: Учебник для вузов. – Алматы: КазНТУ, 2014. – 275 с.
10. Официальный сайт информационного агентства «ORDA» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://orda.kz/prikladnye-znaniya-i-obmen-opytom-rg-gold-provel-mezhdunarodnyj-forum-geotekhnikov-395237/> (дата обращения 06.08.2026 г.).
11. Официальный сайт информационного отраслевого портала «АГМП NEWS», посвященного развитию горно-металлургической промышленности Казахстана. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agmpnews.kz/pervaya-mezhdunarodnaya-konferencziya-po-geomehanike-proshla-v-zhezkazgane/> (дата обращения 06.08.2026 г.).
12. *Алтаева А.А., Садыков Б.Б., Даркенбаева А.Б., Таскара А. Инструментальные наблюдения за деформационными процессами земной поверхности Орловского месторождения // Горный журнал Казахстана. – 2025. – № 3. – С.32-39.
13. Абдибаитов Ш.А., Хусан Б., Ивадилинова Д.Т., Лозинский В.Г. Методы прогнозирования условий образования провалов на поверхности земли при подземной разработке рудных месторождений // Горный журнал Казахстана. – 2022. – № 10. – С. 32-37.
14. Sadeghi S., Soltanmohammadlou, N., Nasirzadeh, F. Application of wireless sensor networks to improve occupational safety and hygiene in underground mines // Journal of safety research. – 2022. – Vol. 83. – P. 8-25.
15. Wang, J., Sifamen, V. Study of industrial hazards and implementation of risk control measures in the mining sector // Journal of Infrastructure, Policy and Development. – 2024. – 8(8), 6255.
16. Потапчук М.И., Рассказов И.Ю., Сидляр А.В., Ломов М.А., Рассказов М.И. Геомеханическая оценка применяемых технологий разработки для обеспечения безопасных условий освоения подкарьерных рудных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – № 1. – С. 84-96.
17. Ракишев Б.Р., Ковров А.С., Кожантов А.У., Сейтулы К. Проблемы оползней на карьерах // // Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение: материалы Междунар. научно-практ. конф., Алматы, 2015. – Т. 1. – С. 108–114.
18. Рахимов З.Р. Определение механизма деформирования и схемы для расчета устойчивости откосов, находящихся в сложном напряженно-деформированном состоянии // Проблемы недропользования. – 2014. – № 2. – С.60-67.
19. Ведущая цифровая медиа-платформа и крупнейший новостной интернет-портал Казахстана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nur.kz/politics/kazakhstan/2222472-vse-eto-privodit-k-avariyam-gibeli-i-travmam-tokaev-dal-ryad-porucheniy-pravitelstvu/> (дата обращения 06.08.2026 г.).

References

1. Zakon Respubliki Kazahstan. O grazhdanskoj zashchite: utv. 11 aprelya 2014 goda, № 188-V ЗРК.
2. Kodeks Respubliki Kazahstan. O nedrah i nedropol'zovanii: utv. 27 dekabrya 2017 goda, № 125-VI ЗРК.
3. Pravila obespecheniya promyshlennoj bezopasnosti dlya opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov, vedushchih gornye i geologorazvedochnye raboty, utverzhdennyh prikazom Ministra po investiciyam i razvitiyu RK ot 30 dekabrya 2014 goda № 352 v sootvetstvii s podpunktom 14) stat'i 12-2 Zakona RK ot 11 aprelya 2014 goda "O grazhdanskoj zashchite".

4. De Beer, J. H. The History of Geophysics in Southern Africa. – African Sun Media, 2016. – P. 90. – 648 p. – ISBN 9781920689803. «Coalbrook disaster ... remains the worst accident in South African mining history».
5. Oficial'nyj sajt Geologicheskoy sluzhby shtata YUta Departamenta prirodnyh resursov shtata YUta (SSHA) [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://geology.utah.gov/map-pub/survey-notes/berkeley-canyon-manefay-landslides/> (data obrashcheniya 06.08.2026 g.).
6. Informacionno-pravovaya sistema normativnyh pravovyh aktov Respubliki Kazahstan «Әділет» [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://adilet.zan.kz/rus/docs/R960000400_ (data obrashcheniya 06.08.2026 g.).
7. Oficial'nyj sajt setevogo izdaniya «Kazahstanskaya pravda» [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://kazpravda.kz/n/padenie-avtobusa-v-maykaine-kompaniya-proigrala-sud/> (data obrashcheniya 06.08.2026 g.).
8. More than 200 killed in coltan mine collapse in eastern DRC, officials say [Elektronnyj resurs] // The Guardian. – Reuters, 2026. – 30 January. – Rezhim dostupa: <https://www.theguardian.com/world/2026/jan/30/more-than-200-killed-in-coltan-mine-collapse-in-eastern-drc-officials-say> (data obrashcheniya: 06.08.2026).
9. Nurpeisova M.B., Iofis M.A., Miletenko I.V. Geomekhanika: Uchebnik dlya vuzov. – Almaty: KazNTU, 2014. – 275 s.
10. Oficial'nyj sajt informacionnogo agentstva «ORDA» [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://orda.kz/prikladnye-znaniya-i-obmen-opytom-rg-gold-provel-mezhdunarodnyj-forum-geotekhnikov-395237/> (data obrashcheniya 06.08.2026 g.).
11. Oficial'nyj sajt informacionnogo otraslevogo portala «AGMP NEWS», posvyashchennogo razvitiyu gorno-metallurgicheskoy promyshlennosti Kazahstana. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://agmpnews.kz/pervaya-mezhdunarodnaya-konferenciya-po-geomehanike-proshla-v-zhezkazgane/> (data obrashcheniya 06.08.2026 g.).
12. *Altaeva A.A., Sadykov B.B., Darkenbaeva A.B., Taskara A. Instrumental'nye nablyudeniya za deformacionnymi processami zemnoj poverhnosti Orlovskogo mestorozhdeniya // Gornyj zhurnal Kazahstana. – 2025. – № 3. – S.32-39.
13. Abdibaitov SH.A., Husan B., Ivadilina D.T., Lozinskij V.G. Metody prognozirovaniya uslovij obrazovaniya provalov na poverhnosti zemli pri podzemnoj razrabotke rudnyh mestorozhdenij // Gornyj zhurnal Kazahstana. – 2022. – № 10. – S. 32-37.
14. Sadeghi S., Soltanmohammadlou, N., Nasirzadeh, F. Application of wireless sensor networks to improve occupational safety and hygiene in underground mines // Journal of safety research. – 2022. – Vol. 83. – P. 8-25.
15. Wang, J., Sifamen, V. Study of industrial hazards and implementation of risk control measures in the mining sector // Journal of Infrastructure, Policy and Development. – 2024. – 8(8), 6255.
16. Potapchuk M.I., Rasskazov I.YU., Sidlyar A.V., Lomov M.A., Rasskazov M.I. Geomekhanicheskaya ocenka primenyaemyh tekhnologij razrabotki dlya obespecheniya bezopasnyh uslovij osvoeniya podkar'ernyh rudnyh mestorozhdenij // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal). – 2022. – № 1. – S. 84-96.
17. Rakishev B.R., Kovrov A.S., Kozhantov A.U., Sejtuly K. Problemy opolznei na kar'erah / // Innovacionnye tekhnologii i proekty v gorno-metallurgicheskom komplekse, ih nauchnoe i kadrovoe soprovozhdenie: materialy Mezhdunar. nauchno-prakt. konf., Almaty, 2015. – T. 1. – S. 108–114.
18. Rahimov Z.R. Opredelenie mekhanizma deformirovaniya i skhemy dlya rascheta ustojchivosti otkosov, nahodyashchihsya v slozhnom napryazhenno-deformirovannom sostoyanii // Problemy nedropol'zovaniya. – 2014. – № 2. – S.60-67.
19. Vedushchaya cifrovaya media-platforma i krupnejshij novostnoj internet-portal Kazahstana [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.nur.kz/politics/kazakhstan/2222472-vse-eto-privodit-k-avariyam-gibeli-i-travmam-tokaev-dal-ryad-porucheniy-pravitelstvu/> (data obrashcheniya 06.08.2026 g.).

С. Ғ. Ғаббасов, Ж. З. Төлеубекова, З. Н. Кұрманғалиева

«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Астана, Қазақстан

**ТАУ-КЕН ЖҰМЫСТАРЫНДАҒЫ ӨНЕРКӘСІПТІК ҚАУІПСІЗДІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ
ЕТУДІҢ ТИІМДІ МЕХАНИЗМІ – ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ, МАРКШЕЙДЕРЛІК ЖӘНЕ
ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ҚЫЗМЕТТЕРДІҢ ҚЫЗМЕТІН ТИІМДІ ҰЙЫМДАСТЫРУ**

Аңдатпа. Мақалада өнеркәсіптік қауіпсіздікті қамтамасыз етуге байланысты мәселелердің өте өзекті кешені қамтылған. Қолданылатын зерттеу әдістері азаматтық қорғаудың негізгі қағидатына негізделді - азаматтар мен қоғамға төтенше жағдайлардан, оның ішінде шахталар мен Карьерлердегі апаттардан болатын қауіптер мен залалдарды азайту. Әлемдік және отандық тәжірибедегі өнеркәсіптік апаттар, олардың жағдайлары мен себептері, Карьерлердегі инженерлік-геологиялық құбылыстарды зерттеуге бұрын жүргізілген талдау нәтижелері мысалдарында мақалада қауіпті геомеханикалық процестердің зиянды әсері адамдардың өмірі мен денсаулығына айтарлықтай қауіп төндіретіні көрсетілген. Аталған қатерлерді ескере отырып, жерасты және ашық тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде өнеркәсіптік қауіпсіздікті қамтамасыз етуде геомеханикалық, маркшейдерлік, геодезиялық қызметтер мен негізгі өндірістік құрылымдардың үйлестірілген өзара іс-қимылының жоғары маңыздылығы атап өтілді.

Түйінді сөздер: өнеркәсіптік қауіпсіздік, геомеханикалық қызмет, маркшейдерлік қызмет, геодезия, жер асты өндірілген кеңістігінің опырылуы; карьер беткейлері мен уступтарының сырғымалары мен опырылуы, кен орнындағы геомеханикалық жағдайды мониторинг жүргізу.

S. G. Gabbasov, Zh. Z. Toleubekova, Z. N. Kurmangalieva

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan

**AN EFFECTIVE MECHANISM FOR ENSURING INDUSTRIAL SAFETY IN MINING
OPERATIONS: EFFICIENT ORGANIZATION OF GEOMECHANICAL, MINE SURVEYING
AND GEODETIC SERVICES**

Abstract. The article highlights an extremely relevant set of issues related to ensuring industrial safety. The applied research methods were based on the basic principle of civil protection - minimizing threats and damage to citizens and society from emergency situations, including accidents at mines and quarries. Using examples of industrial accidents from world and domestic practice, their circumstances and causes, and the results of an earlier analysis of engineering and geological phenomena in quarries, the article shows that a significant threat to human life and health is the harmful effects of hazardous geomechanical processes. Taking into account these threats, the high importance of coordinated interaction of geomechanical, surveying, geodetic services and main production structures in ensuring industrial safety during underground and open-pit mining operations was noted.

Keywords: industrial safety, geomechanical service, mine surveying service, geodesy, collapse of underground mined-out space; slope failures and bench collapses, monitoring of geomechanical conditions of deposits.

Сведения об авторах / Information about the authors

Габбасов Сырым Габбасович – кандидат технических наук, горный инженер, действительный член Всемирной Академии Наук комплексной безопасности, член Совета директоров АО «Национальный центр научных исследований, подготовки и обучения в сфере гражданской защиты» Министерства по чрезвычайным ситуациям, изобретатель, старший преподаватель кафедры «Геодезия и картография» НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина», Астана, Казахстан. E-mail: gabbasov57@bk.ru

Толубекова Жанат Зекеновна – кандидат технических наук, член-корреспондент Национальной Академии горных наук, ассоциированный профессор кафедры «Геодезия и картография» НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина», Астана, Казахстан. E-mail: jtoleubekova@mail.ru

Курмангалиева Забида Нурбековна – магистр технических наук, докторант кафедры «Геодезия и картография» НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина», Астана, Казахстан. E-mail: zabida_98@mail.ru.

Syrym G. Gabbasov – Mining engineer, Candidate of technical sciences, Full Member of the World Academy of Sciences for complex security, Member of the Board of directors of JSC «National center for scientific research, training and education in the field of civil protection», inventor, senior lecturer at the Department of "Geodesy and cartography", Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan. E-mail: gabbasov57@bk.ru

Zhanat Z. Toleubekova – Candidate of technical sciences, Corresponding Member of the National Academy of Mining Sciences, Associate Professor at the Department of Geodesy and Cartography, Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan. E-mail: jtoleubekova@mail.ru

Zabida N. Kurmangalieva – Master of technical sciences, doctoral student at the Department of "Geodesy and Cartography", Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan. E-mail: zabida_98@mail.ru.

УДК 614.849
МРНТИ 81.92.13

**А. Б. Кусаинов, М. М. Альменбаев, Ж. К. Макишев,
И. А. Захаров, П. В. Максимов**

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

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ

Аннотация. В статье проведен сравнительный анализ существующих методов поиска источников противопожарного водоснабжения, применяемых при тушении пожаров. Рассмотрены традиционные подходы, ГИС-ориентированные системы учета, алгоритмические методы оптимизации выбора водоисточников, а также AR-ориентированная методика поиска, реализованная в программном продукте GeoHydrants. На основе системы критериев проведено сопоставление указанных методов и обоснована целесообразность применения технологий дополненной реальности для повышения оперативности действий пожарных подразделений.

Ключевые слова: пожар, противопожарное водоснабжение, источники противопожарного водоснабжения, поиск водоисточников, руководитель тушения пожара, геоинформационные системы, алгоритмы поиска, дерево решений, дополненная реальность, AR-технологии.

Одним из ключевых условий успешного тушения пожара является своевременное и бесперебойное обеспечение подразделений противопожарной службы водой в требуемом объеме. В процессе ликвидации пожара руководитель тушения пожара (РТП) обязан в минимально короткие сроки определить местоположение ближайших источников противопожарного водоснабжения, оценить их состояние и организовать подачу воды на участки тушения пожара [1].

На практике поиск водоисточников осложняется рядом факторов: плотной городской застройкой, сложной инженерной инфраструктурой, недостаточной актуальностью учетных данных, а также ограниченной видимостью в условиях задымления и неблагоприятных метеорологических условий. Указанные обстоятельства обуславливают необходимость совершенствования методов поиска источников противопожарного водоснабжения и внедрения цифровых технологий в оперативную деятельность противопожарных подразделений [1].

Традиционно поиск источников противопожарного водоснабжения осуществлялся с использованием статических планшетов, перечней и схем водоисточников. Данный подход характеризуется простотой реализации, однако не обеспечивает оперативного учета изменений состояния гидрантов, дорожной обстановки и фактического местоположения личного состава [1].

С развитием информационных технологий широкое распространение получили ГИС-ориентированные системы учета источников наружного противопожарного водоснабжения. В таких системах информация о водоисточниках представляется в цифровом виде и визуализируется на электронных картах. К числу ГИС-ориентированных решений, применяемых в практике противопожарных

подразделений стран СНГ, относятся программные продукты «Карта 01», ЭСУ ППВ, EWS и ряд аналогичных систем, использующих в качестве картографической основы платформы OpenStreetMap, Google MyMaps и 2ГИС.

ГИС-ориентированные методы позволяют повысить точность определения координат водоисточников, обеспечивают возможность обновления данных и частично автоматизируют процесс поиска. Вместе с тем данные системы требуют от пользователя навыков интерпретации картографической информации и не всегда удобны при работе непосредственно в условиях пожара [1].

В рамках реализации научно-технического проекта «Автоматизация процессов поиска источников водоснабжения для оперативного реагирования противопожарных подразделений на чрезвычайные ситуации» авторским коллективом проведена серия исследований, направленных на выбор и обоснование наиболее эффективных методов поиска источников противопожарного водоснабжения для оперативного применения в условиях тушения пожаров. В ходе работы рассматривались как традиционные подходы к поиску водоисточников, так и алгоритмические методы, позволяющие формализовать процесс принятия решений РТП и снизить временные затраты на поиск [2, 3].

В качестве базовых алгоритмических решений были изучены методы, обеспечивающие:

- а) выбор ближайших (наиболее подходящих) водоисточников с учетом тактических параметров тушения;
- б) определение оптимальных маршрутов движения пожарной техники к выбранным источникам и обратно с учетом особенностей улично-дорожной сети и возможных ограничений проезда.

В части маршрутизации применялся подход, при котором улично-дорожная сеть представляется в виде ориентированного взвешенного графа, где вершины соответствуют узлам дорожной сети и водоисточникам, а ребра - участкам дорог с заданными весами. Для нахождения оптимальных маршрутов рассматривались алгоритмы поиска кратчайшего пути, включая алгоритмы Дейкстры и Беллмана-Форда, а также решения на основе дерева решений и методов динамического программирования [5, 6].

Отдельное направление исследований было связано с алгоритмическим распределением водоисточников по участкам тушения и учетом параметров водоотдачи (расхода воды), расстояния и потребности в огнетушащих веществах, что позволяет повышать обоснованность оперативных решений при развитии пожара.

Проведенная работа показала, что алгоритмические методы существенно повышают точность и обоснованность выбора водоисточников и маршрутов их использования. Вместе с тем при практическом применении в условиях пожара выявляется важное ограничение: результаты расчетов представляются в виде таблиц, схем или маршрутов на карте и требуют дополнительной интерпретации пользователем, что может снижать скорость принятия решения в динамичной обстановке.

С учетом выявленных ограничений алгоритмических подходов сформирована и реализована AR-ориентированная методика поиска источников противопожарного водоснабжения, направленная на объединение расчетной обоснованности алгоритмов

с максимальной наглядностью представления результатов. Практическая реализация методики выполнена в виде мобильного программного продукта GeoHydrants.

Ключевая особенность AR-ориентированного подхода заключается в том, что он не логически «заменяет» алгоритмические решения, а интегрирует их в единую прикладную схему, включающую:

- автоматизированное получение и актуализацию данных о водоисточниках из базы;
- определение ближайших водоисточников относительно текущего местоположения пользователя;
- построение маршрута движения по улично-дорожной сети (в том числе с использованием сервисов маршрутизации);
- отображение водоисточника и направления движения не только на карте, но и в реальном пространстве посредством технологий дополненной реальности.

В результате пользователь получает не только расчетно обоснованный выбор водоисточника и маршрут, но и визуальную навигацию через AR-интерфейс, что снижает когнитивную нагрузку и уменьшает вероятность ошибок при ориентировании на местности. Практически значимым является то, что AR-режим позволяет сократить время «финального обнаружения» водоисточника на местности, что особенно актуально при поиске подземных гидрантов и в условиях ограниченной видимости.

Таким образом, AR-ориентированная методика, реализованная в GeoHydrants, обеспечивает более высокий уровень оперативной применимости по сравнению с алгоритмическими решениями, представленными только в виде картографических или расчетных результатов, и рассматривается в рамках проекта как наиболее перспективное направление автоматизации поиска источников противопожарного водоснабжения.

Для оценки эффективности рассмотренных методов поиска источников противопожарного водоснабжения использован формализованный метод многокритериальной оценки, позволяющий сопоставить альтернативные способы поиска водоисточников по совокупности эксплуатационных и тактико-оперативных критериев.

Для проведения анализа были рассмотрены пять альтернативных методов поиска источников противопожарного водоснабжения:

- А – статические планшеты ИНППВ;
- В – ГИС-ориентированный учет водоисточников;
- С – алгоритм транспортной задачи;
- Д – метод дерева решений / графов;
- Е – AR-ориентированная методика GeoHydrants.

В качестве критериев оценки использованы показатели, отражающие оперативную применимость методов в условиях чрезвычайной ситуации: учет расстояния до водоисточника, учет состояния и расхода воды, автоматизация выбора источника, построение маршрута движения, работа в реальном времени, визуализация в реальном пространстве, удобство применения в условиях ЧС, сокращение времени поиска водоисточника и интеграция с мобильными устройствами. Для формализованного расчета функций полезности альтернатив применена процедура количественной интерпретации экспертных оценок. С этой целью значения критериев

приведены к единой числовой шкале, что позволяет обеспечить математическую сопоставимость альтернатив и выполнить последующий расчет в рамках метода взвешенной суммы.

Чтобы выполнить расчет по балльной шкале, используем правило перевода:

- если критерий использован то выставляется балл $U_{ij} = 1$
- если критерий не применен то выставляется балл $U_{ij} = 0$

Веса критериев W_j задаем по пропорциональной шкале от 0 до 1. Система весов критериев приведена в таблице 1 (наибольший приоритет - оперативность и наглядность).

Таблица 1 – Весовые коэффициенты критериев оценки методов поиска источников противопожарного водоснабжения

№	Критерий	Вес W_j
1	Учет расстояния	0,08
2	Учет расхода воды	0,08
3	Учет состояния	0,10
4	Автовыбор ближайшего	0,08
5	Маршрут	0,08
6	Работа в реальном времени	0,12
7	Визуализация в реальном пространстве	0,12
8	Отсутствие необходимости интерпретации карты	0,12
9	Удобство в ЧС	0,10
10	Сокращение времени поиска	0,10
11	Интеграция с мобильными устройствами	0,02

Если известны оценки альтернатив, веса критериев и необходимо максимизировать задачу, то есть чем выше оценка альтернативы, тем она более привлекательна, тогда для принятия оптимального управленческого решения функции полезности каждой альтернативы F_i определяется по формуле [3]:

$$F_i = \sum_{j=1}^k U_{ij} W_j, i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

На основании предложенного подхода проведем оценку альтернатив для принятия оптимального управленческого решения по выбору метода поиска источников противопожарного водоснабжения.

Для этого представим в виде матрицы оценок U_{ij} альтернатив по выбранным критериям (таблица 2).

Таблица 2 – Матрица балльных оценок альтернатив по критериям эффективности методов поиска источников противопожарного водоснабжения

Альтернатива	Оценки критериев										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
А (планшеты)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
В (ГИС)	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1
С (транспортная задача)	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
Д (графы/дерево)	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
Е (GeoHydrants AR)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Расчеты функции полезности для каждой альтернативы проведенные по формуле 1 показали следующие результаты:

$$F_A = 0,0; F_B = 0,5; F_C = 0,56; F_D = 0,56; F_E = 0,92.$$

Из результатов проведенных расчетов видно, что максимальное значение функции полезности получено для альтернативы Е (AR-ориентированная методика GeoHydrants). Таким образом, согласно методу взвешенной суммы наиболее рациональным является применение AR-подхода в задачах оперативного поиска источников противопожарного водоснабжения при тушении пожаров.

Вывод. Проведенный анализ показал, что из рассматриваемых метода поиска источников противопожарного водоснабжения наиболее оптимальным для применения противопожарными подразделениями является AR-ориентированная методика GeoHydrants. Данное обстоятельство связано с тем, что GeoHydrants обладает преимуществами по работе в реальном времени, визуализации в реальном пространстве и снижению необходимости интерпретации карты.

Исследование выполнено в рамках грантового финансирования Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по теме проекта AP23489617 «Автоматизация процессов поиска источников водоснабжения для оперативного реагирования противопожарных подразделений на чрезвычайные ситуации».

Список литературы

1. Кусаинов А.Б. Практические аспекты принятия управленческих решений в гражданской защите математическим методом: учебное пособие. – Кокшетау: АГЗ им. М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, 2025. – 110 с.
2. Кусаинов А.Б., Альменбаев М.М., Макишев Ж.К., Захаров И.А., Максимов П.В. Определение кратчайшего маршрута для бесперебойной подачи воды на тушение пожара // Наука и образование в гражданской защите. – 2024. – № 4 (56). – С. 64-68.
3. Кусаинов А.Б., Альменбаев М.М., Макишев Ж.К., Максимов П.В., Смагулов Б.Е. Определение кратчайшего маршрута для бесперебойной подачи воды на тушение пожара методом дерева решений // Наука и образование в гражданской защите. – 2025. – № 2 (58). – С. 53-59.
4. Алексеев В.Е., Таланов В.А. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений: учебник. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 318 с.
5. Ногин В.Д. Линейная свертка критериев в многокритериальной оптимизации // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2014. – № 4. – С. 73–82.
6. Алексеев В.Е. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений : учебник по специальности 010200 «Прикладная математика и информатика» / В.Е. Алексеев, В.А. Таланов. – Москва: БИНОМ, Лаборатория знаний [и др.], 2006. – 318, [1] с.: ил. - (Основы информационных технологий).

References

1. Kusainov A.B. Prakticheskie aspekty prinjatija upravlencheskih reshenij v grazhdanskoj zashhite matematicheskim metodom: uchebnoe posobie. – Kokshetau: AGZ im. M. Gabdullina MChS Respubliki Kazahstan, 2025. – 110 s.

2. Kusainov A.B., Al'menbaev M.M., Makishev Zh. K., Zaharov I.A., Maksimov P.V. Opredelenie kratchajshogo marshruta dlja besperebojnoj podachi vody na tushenie pozhara // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashhite. – 2024. – № 4 (56). – S. 64-68. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://agz.edu.kz/2024g._nayka_i_obrazovanie_v_grazhdanskoj_zashhite_3_55_ (data obrashhenija: 13.02.2026).

3. Kusainov A.B., Al'menbaev M.M., Makishev Zh.K., Maksimov P.V., Smagulov B.E. Opredelenie kratchajshogo marshruta dlja besperebojnoj podachi vody na tushenie pozhara metodom dereva reshenij // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashhite. – 2025. – № 2 (58). – S. 53-59. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://agz.edu.kz/121.html> (data obrashhenija: 14.02.2026).

4. Alekseev V. E., Talanov V. A. Grafy i algoritmy. Struktury dannyh. Modeli vychislenij: uchebnik. – M. : BINOM. Laboratorija znaniy, 2006. – 318 s.

5. Nogin V. D. Linejnaja svertka kriteriev v mnogokriterial'noj optimizacii // Iskusstvennyj intellekt i prinjatие reshenij. – 2014. – № 4. – S. 73–82. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://m.mathnet.ru/links/babffc1bf02ddd29aab258a02e06c48d/iipr379.pdf>

6. Alekseev V.E. Grafy i algoritmy. Struktury dannyh. Modeli vychislenij : uchebnik po special'nosti 010200 «Prikladnaja matematika i informatika» / V.E. Alekseev, V.A. Talanov. – Moskva: BINOM, Laboratorija znaniy [i dr.], 2006. – 318, [1] s.: il. - (Osnovy informacionnyh tehnologij).

А. Б. Құсайынов, М. М. Әлменбаев, Ж. Қ. Мақышев, И.А. Захаров, П. В. Максимов

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

САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ: ӨРТТІ СӨНДІРУ КЕЗІНДЕ ӨРТКЕ ҚАРСЫ СУМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ КӨЗДЕРІН ІЗДЕУ ӘДІСТЕРІ

Аңдатпа. Мақалада өрттерді сөндіру кезінде қолданылатын өртке қарсы сумен қамтамасыз ету көздерін іздеудің қолданыстағы әдістеріне салыстырмалы талдау жүргізілді. Дәстүрлі тәсілдер, ГАЗ-бағдарланған есепке алу жүйелері, су көздерін тандауды оңтайландырудың алгоритмдік әдістері, сондай-ақ GeoHydrants бағдарламалық өнімінде іске асырылған AR-бағдарланған іздеу әдістемесі қарастырылды. Критерийлер жүйесі негізінде аталған әдістерді салыстыру жүргізіліп, өрт сөндіру бөлімшелерінің жеделдігін арттыру үшін толықтырылған шындық технологияларын қолданудың орындылығы негізделген.

Түйінді сөздер: өрт, өртке қарсы сумен қамтамасыз ету, өртке қарсы сумен қамтамасыз ету көздері, су көздерін іздеу, өрт сөндіру жетекшісі, геоакпараттық жүйелер, іздеу алгоритмдері, шешімдер ағашы, толықтырылған шындық, AR-технологиялар.

A. B. Kusainov, M. M. Almenbaev, Zh. K. Makishev, I.A. Zakharov, P. V. Maksimov

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

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR SEARCHING FIRE FIGHTING WATER SUPPLY SOURCES DURING FIRE SUPPRESSION

Abstract. The article presents a comparative analysis of existing methods for searching fire fighting water supply sources used in fire suppression. Traditional approaches, GIS-oriented accounting systems, algorithmic methods for optimizing the selection of water sources, as well as an AR-oriented search methodology implemented in the GeoHydrants software product are

considered. Based on a system of criteria, a comparison of these methods is carried out and the feasibility of using augmented reality technologies to improve the operational efficiency of fire departments is substantiated.

Keywords: fire, fire fighting water supply, fire fighting water supply sources, water sources search, fire suppression commander, geographic information systems, search algorithms, decision tree, augmented reality, AR-technologies.

Сведения об авторах / Information about the authors

Кусаинов Арман Булатович – кандидат технических наук, асс. профессор (доцент), начальник факультета дистанционного обучения Академии гражданской защиты им. М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау Казахстан. E-mail: arman_1703@mail.ru

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

Макишев Жандос Куандыкович – кандидат технических наук, асс. профессор (доцент), заместитель начальника Академии гражданской защиты им. М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан по учебной работе, Кокшетау, Казахстан. E-mail: makishev_jkkti@mail.ru

Захаров Игорь Анатольевич – кандидат технических наук, асс. профессор (доцент), начальник научно-исследовательского центра Академии гражданской защиты им. М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: emercom.87@mail.ru

Максимов Петр Викторович – асс. профессор (доцент), профессор кафедры пожарной профилактики Академии гражданской защиты им. М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау Казахстан. E-mail: maxmpv@mail.ru

Arman B. Kussainov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (docent), 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

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

Zhandos K. Makishev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (docent), Deputy Head of the M. Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan for Academic Affairs, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: makishev_jkkti@mail.ru

Igor A. Zakharov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (docent), head of the research center of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: emercom.87@mail.ru

Pyotr V. Maksimov – Associate Professor (docent), is a professor at the Department of Fire Prevention of the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: maxmpv@mail.ru

УДК 614.8
МРНТИ 81.93.03

А. Б. Кусаинов¹, К. А. Нарбаев², Н. Қ. Қайыргелді¹, Ж. О. Тлеуова³

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

²НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», Кокшетау, Казахстан

³Кокшетауский университет имени Абая Мырзахметова, Кокшетау, Казахстан

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ РИСКА СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ ОСНОВАННОЙ НА АНАЛИЗЕ ОПАСНОСТИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ, УЯЗВИМОСТИ ЖИЛИЩА И ВОЗМОЖНОГО УЩЕРБА

Аннотация. В случае наступления опасных природных явлений катастрофического масштаба, существующие механизмы компенсации не способны обеспечить полное покрытие ущерба от стихийного бедствия, вследствие чего, пострадавшие оказываются без финансовой поддержки. Данное обстоятельство создает серьезные социальные риски для граждан, особенно в зонах, подверженных высокому риску стихийных бедствий. В целях снижения риска бедствий предложена методология оценки риска бедствий жилищ для внедрения системы страхования.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, стихийные бедствия, страхования жилищ.

Около 75 % территории Республики Казахстан подвержено риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера, среди которых наиболее значимыми являются землетрясения, наводнения, ураганы, оползни, сели, эпидемии, экстремальная температура и лесные пожары [1].

Проведенный анализ показал, что в период с 2010 по 2025 гг. в Республике Казахстан произошло около 261 тыс. чрезвычайных ситуаций (ЧС), более 13 % из которых приходится на стихийные бедствия. Материальный ущерб от ЧС за рассматриваемый период составил более 766,4 млрд тг [2].

Одним из механизмов управления рисками ЧС является система страхования.

В настоящее время в Республике Казахстан отсутствуют законодательные требования по страхованию жилой недвижимости граждан, находящихся в зонах высокого риска природных ЧС, что значительно ограничивает эффективность системы управления рисками [3].

В целях разрешения данного проблемного вопроса Агентством Республики Казахстан по регулированию и развитию финансового рынка разработан Консультативный документ регуляторной политики к проектам законов Республики Казахстан «Об обязательном страховании жилища от стихийных бедствий» и «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам обязательного страхования жилища от стихийных бедствий, регулирования и развития страхового рынка» [3]. Данные инициативы позволят ввести обязательное страхование жилища от стихийных бедствий и создать эффективный механизм защиты населения.

Для страхования жилья необходима соответствующая методика оценки риска стихийных бедствий основанной на анализе опасности природных процессов, уязвимости жилища и возможного ущерба.

Стоимость страхового покрытия должна зависеть от уровня подверженности риску бедствий и уровня устойчивости жилища.

Для определения риска бедствий жилых зданий используем следующую методологию, основанную на произведении трёх факторов [4]:

$$R_{\text{ж}} = H_i \cdot V_i \cdot E_i \quad (1)$$

где H_i – опасность i -го стихийного бедствия;

V_i – уязвимость жилища i -му стихийному бедствию;

E_i – ущерб, млн. тг.

Показатель опасности стихийного бедствия определяется по статистическим данным произошедших бедствий в соответствующем районе за определенный интервал времени.

Уязвимость жилища определяется с учетом возможного повреждения при воздействии опасности:

$$V_i = (S, A, H_{\text{geo}}) \quad (2)$$

где S – конструктивный тип жилища;

A – срок эксплуатации жилища;

H_{geo} – географические факторы (уклон, высота, расстояние до источника опасности).

Экономический ущерб определяется исходя из рыночной стоимости жилища.

$$E = C \quad (3)$$

где C – стоимость жилья.

Уровень риска жилища определяется по соотношению риска стихийного бедствия и ущерба (таблица 1).

Таблица 1 – Уровни риска бедствия жилого здания

Значение	Уровень риска бедствия
$\frac{R_{\text{ж}}}{E} \geq 0,1$	Исключительно высокий
$0,05 < \frac{R_{\text{ж}}}{E} \leq 0,1$	Высокий
$0,01 < \frac{R_{\text{ж}}}{E} \leq 0,05$	Средний
$\frac{R_{\text{ж}}}{E} \leq 0,01$	Низкий

Рассмотрим подробнее методологию оценки риска различных стихийных бедствий для жилища.

1. Определение сейсмического риска жилища

Сейсмический риск жилища определяется по формуле [4]:

$$R_{\text{с}} = H_3 \cdot V \cdot E \quad (4)$$

где H_3 – опасность землетрясения;

V – уязвимость жилья;

E – экономический ущерб, млн. тг.

Показатель опасности землетрясений определяется по статистике или картам общего сейсмического районирования.

По статистическим данным вероятность возникновения землетрясений рассчитывается по формуле [5]:

$$H_3 = (1 - 2,72^{-\lambda t}) \quad (5)$$

где λ - количество зарегистрированных землетрясений за период времени t .

Интервал времени t для оценки вероятности возникновения землетрясения рекомендуется устанавливать не менее 20 лет для обеспечения достоверности расчетов. При этом интенсивность принимается от 5 и более баллов.

Сейсмическая уязвимость жилища не является постоянной, по мере нарастания физического и сейсмического износов она закономерно снижается, а воздействие опасных природных процессов способствуют ускоренному нарастанию уязвимости.

Степень сейсмической уязвимости жилья определяется соотношением соответствующего значения текущего класса сейсмостойкости здания на интенсивность в баллах по шкале MSK-64(K) подверженности территории [6]:

$$V = K_T / I \quad (6)$$

где I - интенсивность в баллах по шкале MSK-64(K)

При установлении класса сейсмостойкости жилья необходимо учитывать снижение динамических и прочностных характеристик во времени и вводить поправки, учитывающие [6]:

а) физический износ конструкций жилья:

– за первые 50 лет – минус 0,5;

– за каждые следующие 10 лет – минус 0,2 от уровня сейсмостойкости.

б) перенесенные зданием землетрясения проектной интенсивности, даже если никаких заметных повреждений не обнаружено (сейсмический износ):

– за одно сейсмическое событие – минус 0,2;

– за два сейсмических события – минус 0,5;

– за три сейсмических события – минус 0,9.

Тогда текущий класс сейсмостойкости жилья определяется по формуле:

$$K_T = K - I_{\text{физ}} - P_{\text{зем}} \quad (7)$$

где K - класс сейсмостойкости определяемый по таблице 2;

$I_{\text{физ}}$ - физический износ конструкций жилья;

$P_{\text{зем}}$ - перенесенные жильем землетрясения проектной интенсивности.

2. Определение паводкового риска жилища

Паводковый риск жилища определяется по формуле [4]:

$$R_{\Pi} = H_{\Pi} \cdot V \cdot E \quad (8)$$

где H_{Π} – опасность паводка, наводнения;

V – уязвимость жилья;

E – экономический ущерб, млн. тг.

Показатель паводковой опасности определяется по статистическим данным:

$$H_{\Pi} = \frac{N_{\Pi}}{t} \quad (9)$$

где N_n — количество паводковых событий за период времени t ;
 t — период наблюдения, лет.

Уязвимость жилья V определяется по формуле:

$$V = K \cdot L \quad (10)$$

где K - весовой коэффициент определяемый с учетом типа строения (таблица 2);
 L – коэффициент учитывающий расстояние от здания до береговой линии.

Таблица 2 – Весовой коэффициент с учетом характеристики здания

Тип здания	Весовой коэффициент
Деревянные, саманные	0,3–0,5
Кирпичные (без усиления)	0,2–0,4
Кирпичные (усиленные)	0,1–0,2
Железобетонные	0,05–0,15

Коэффициент учитывающий расстояние от здания до береговой линии определяется по формуле:

$$L = 1 - \frac{D}{W} \quad (11)$$

при следующих условиях: $D \leq W$, если $D > W$, то $L = 0$.

где D – расстояния от жилого дома до водного объекта, м;

W – ширина зоны затопления, м.

Ширина зоны затопления зависит от типа водного объекта, его протяженности и площади (таблица 3).

Таблица 3 – Ширина зоны затопления

Тип водного объекта	Ширина зоны затопления, м.
Река протяженностью до 10 км	200
Река протяженностью от 10 до 50 км	500
Река протяженностью более 50 км	1000
Водоем площадью до 2 км ²	300
Водоем площадью более 2 км ²	500

3. Определение оползневой риска жилища

Оползневой риск здания определяется по формуле [4]:

$$R_{оп} = H_{оп} \cdot V \cdot E \quad (12)$$

где $H_{оп}$ – опасность оползня;

V – уязвимость жилья;

E – экономический ущерб, млн. тг.

Показатель оползневой опасности определяется по статистическим данным [8]:

$$H_{оп} = \frac{f(N_{оп}, P)}{t} \quad (13)$$

где f – функция;

$N_{оп}$ – предрасположенность территории к возникновению опасного события;

P – вероятность возникновения опасного события;

t — период времени.

Вероятность возникновения оползневого события выражается либо через количество оползней, которые могут возникнуть на исследуемой территории в течение года, либо как вероятность того, что на определенном склоне произойдут оползни в течение определенного периода времени. Данную вероятность можно выразить следующим образом [7]:

$$P_x = 1 - (1 - P_a)^x \quad (14)$$

где P_a – вероятность для заданного промежутка времени;

P_x – вероятность для длительного времени;

x – период времени в годах.

Уязвимость жилья V оползням определяется по следующей формуле [8]:

$$V = P_i \cdot P_d \cdot K_s \cdot K_h \quad (15)$$

где P_i – вероятность воздействия оползня на объект;

P_d – вероятность повреждения объекта при воздействии оползня;

K_s – коэффициент уклона склона;

K_h – коэффициент высоты расположения здания.

Вероятность воздействия зависит от положения здания относительно оползневого склона [8]:

$$P_i = \frac{A_i}{A_j} \quad (16)$$

где A_i – площадь зоны возможного воздействия оползня, где расположен объект, м²;

A_j – общая площадь оползневой зоны, м².

Вероятность повреждения определяется по конструктивным характеристикам здания (таблица 4).

Таблица 4 – Вероятность повреждения здания [8]

Тип здания	Вероятность повреждения
Железобетонное	0,3
Кирпичное	0,5
Деревянное	0,7
Ветхое	0,9

Коэффициент уклона склона определяется по таблице 5.

Таблица 5 – Коэффициент уклона склона [8]

Уклон склона	Угол	Коэффициент уклона
равнина	<5°	0,1
слабый	5–10°	0,3
умеренный	10–20°	0,5
крутой	20–30°	0,7
очень крутой	>30°	0,9

Коэффициент высоты зависит от положения здания относительно оползневого склона:

$$H_r = \frac{h}{H} \quad (17)$$

где h - высота расположения здания над подошвой склона, м;

H – общая высота склона, м.

Коэффициент высоты с учетом положения здания относительно оползневого склона определяется по таблице 6.

Таблица 6 – Коэффициент высоты [7]

Положение здания	Относительная высота (H_r)	Коэффициент высоты (K_h)
у подножия склона	0–0,2	0,9
нижняя часть склона	0,2–0,4	0,7
средняя часть	0,4–0,6	0,5
верхняя часть	0,6–0,8	0,3
водораздел	>0,8	0,1

4. Определение лесного пожарного риска жилища

Лесной пожарный риск жилища определяется по формуле [4]:

$$R_{\text{лп}} = H_{\text{лп}} \cdot V \cdot E \quad (18)$$

где $H_{\text{лп}}$ – опасность лесного пожара;

V – уязвимость жилья;

E – экономический ущерб, млн. тг.

Показатель лесной пожарной опасности определяется по статистическим данным [9]:

$$H_{\text{лп}} = \frac{N_{\text{лп}}}{t} \quad (19)$$

где $N_{\text{лп}}$ — количество лесных пожаров за период времени t ;

t — период наблюдения, лет.

Уязвимость жилья лесным пожарам определяется по следующей формуле [4]:

$$V = P_i \cdot K_l \cdot K_p \quad (20)$$

где P_i – вероятность воздействия лесного пожара на здание;

K_l – коэффициент уязвимости здания;

K_p - коэффициент природной пожарной опасности.

Вероятность того, что пожар достигнет здания, зависит от расстояния до леса (таблица 7).

Таблица 7 - Вероятность воздействия лесного пожара на здание

№	Расстояние до леса, м.	Вероятность воздействия (P_i)
1	< 50 м	0,9
2	50–100 м	0,7
3	100–200 м	0,5
4	200–500 м	0,3
5	> 500 м	0,1

Коэффициент уязвимости с учетом конструктивных особенностей здания определяется по таблице 9.

Таблица 8 - Коэффициент уязвимости с учетом конструкционных особенностей здания

№	Тип здания	Коэффициент уязвимости (K_l)
1	железобетонное	0,2
2	кирпичное	0,4
3	деревянное	0,7
4	ветхое, саманное	0,9

Коэффициент природной пожарной опасности определяется по типу лесного покрытия.

Проведенный анализ показал, что в настоящее время в Республике Казахстан отсутствует система обязательного страхования жилищ от стихийных бедствий. Однако разрабатывается соответствующее законодательство для внедрения обязательного страхования. Для страхования жилищ предложена методология оценки риска стихийных бедствий на основе анализа опасности природных процессов, уязвимости жилищ и возможного ущерба от бедствий. Предложенная методология позволит проводить более качественную оценку подверженности жилищ стихийным бедствиям для внедрения системы обязательного страхования.

Список литературы

1. Раимбеков К.Ж., Кусаинов А.Б. Комплексный подход к оценке риска чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – М.: Академия ГПС МЧС России. – 2017. – № 1. – С. 61–64.
2. Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан [Электронный ресурс] // Официальный сайт [сайт]. Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/emerg?lang=ru> (дата обращения: 11.03.2026).
3. Консультативный документ регуляторной политики к проектам законов Республики Казахстан «Об обязательном страховании жилища от стихийных бедствий» и «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам обязательного страхования жилища от стихийных бедствий, регулирования и развития страхового рынка». [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ardfm/documents/details/829025?lang=ru> (дата обращения: 27.02.2026).
4. Олтян И. Ю. Разработка терминологии и индикаторов прогресса в области реализации Сендайской рамочной программы по уменьшению риска бедствий на 2015–2030 годы / И. Ю. Олтян, Т. Л. Ляховец // Технологии гражданской безопасности. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2016. – Т. 13, № 1 (47). – С. 22–26.
5. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. – М., 1974. Кн. 1. – 403 с.
6. Свод правил 442.1325800.2019 Здания и сооружения. Оценка класса сейсмостойкости. [Электронный ресурс]. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293730/42937300003.htm> (дата обращения: 17.03.2026).
7. Акимов, В.А., Лесных, В.В., Радеев, Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах: учебное пособие [Текст] / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радеев – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.
8. Oliva-Gonzalez A.O., Ruiz-Pozo A.F., Gallardo-Amaya R.J., Jaramillo H.Yu., Landslide risk assessment in slopes and hillsides. Methodology and application in a real case // DYNA. 2019. Vol. 86. № 208. P. 143–152. ISSN 0012-7353 DOI: <http://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.72341>.
9. Кусаинов А.Б. Управление лесопожарным риском: Монография. – Кокшетау: Академия гражданской защиты им. М. Габдуллина МЧС РК, 2024. – 138 с.

10. Приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 9 ноября 2012 года № 17-02/566 «Об утверждении Инструкции проведения лесоустройства». [Электронный ресурс]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008181> (дата обращения: 09.03.2026).

References

1. Raimbekov K.Zh., Kussainov A.B. Kompleksnyj podhod k ocenke riska chrezvychajnyh situacij v Respublike Kazahstan // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya. – M.: Akademiya GPS MChS Rossii. – 2017. – № 1. – S. 61–64.
2. Ministerstvo po chrezvychajnym situacijam Respubliki Kazahstan [Elektronnyj resurs] // Oficial'nyj sajt [sajt]. Rezhim dostupa: <https://www.gov.kz/memleket/entities/emer?lang=ru> (data obrashcheniya: 11.03.2026).
3. Konsul'tativnyj dokument reguljatornoj politiki k proektam zakonov Respubliki Kazahstan «Ob obyazatel'nom strahovanii zhilishcha ot stihijnyh bedstvij» i «O vnesenii izmenenij i dopolnenij v nekotorye zakonodatel'nye akty Respubliki Kazahstan po voprosam obyazatel'nogo strahovaniya zhilishcha ot stihijnyh bedstvij, regulirovaniya i razvitiya strahovogo rynka». [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ardfm/documents/details/829025?lang=ru> (data obrashcheniya: 27.02.2026).
4. Oltyan I. Yu. Razrabotka terminologii i indikatorov progressa v oblasti realizacii Sendajskoj ramочноj programmy po umen'sheniyu riska bedstvij na 2015–2030 gody / I. Yu. Oltyan, T. L. Lyahovec // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. – M.: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut po problemam grazhdanskoj oborony i chrezvychajnyh situacij MChS Rossii, 2016. – T. 13, № 1 (47). – S. 22–26.
5. Boks Dzh., Dzhenkins G. Analiz vremennyh ryadov. Prognoz i upravlenie. – M., 1974. Kn. 1. – 403 s.
6. Svod pravil 442.1325800.2019 Zdaniya i sooruzheniya. Ocenka klassa sejsmostojkosti. [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293730/4293730003.htm> (data obrashcheniya: 17.03.2026).
7. Akimov, V.A., Lesnyh, V.V., Radeev, N.N. Osnovy analiza i upravleniya riskom v prirodnoj i tekhnogennoj sferah: uchebnoe posobie [Tekst] / V.A. Akimov, V.V. Lesnyh, N.N. Radeev – M.: Delovoj ekspress, 2004. – 352 s.
8. Oliva-Gonzalez A.O., Ruiz-Pozo A.F., Gallardo-Amaya R.J., Jaramillo H.Yu., Landslide risk assessment in slopes and hillsides. Methodology and application in a real case // DYNA. 2019. Vol. 86. № 208. P. 143–152. ISSN 0012-7353 DOI: <http://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.72341>.
9. Kussainov A.B. Upravlenie lesopozharnym riskom. Monografiya / A. B. Kussainov – Kokshetau: Akademiya grazhdanskoj zashchity im. M. Gabdullina MChS Respubliki Kazahstan, 2024. – 138 s.
10. Prikaz Ministra sel'skogo hozyajstva Respubliki Kazahstan ot 9 noyabrya 2012 goda № 17-02/566 «Ob utverzhdenii Instrukcii provedeniya lesoustrojstva» [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1200008181> (data obrashcheniya: 09.03.2026).

А. Б. Құсайынов¹, Қ. Ә. Нарбаев², Н. Қ. Қайыргелді¹, Ж.О. Тлеуова³

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

²«Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» КеАҚ, Көкшетау, Қазақстан

³Абай Мырзахметов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан

ТАБИҒИ ПРОЦЕСТЕРДІҢ ҚАУІПТІЛІГІН, ТҰРҒЫН ҮЙДІҢ ОСАЛДЫҒЫН ЖӘНЕ ЫҚТИМАЛ ЗАЛАЛДЫ ТАЛДАУҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ТАБИҒИ АПАТТАР ҚАУІПІН БАҒАЛАУ ӘДІСНАМАСЫ

Аңдатпа. Ауқымы апатты сипаттағы қауіпті табиғи құбылыстар орын алған жағдайда, қолданыстағы өтемақы тетіктері табиғи апаттан келген залалды толық өтеуді қамтамасыз ете алмайды, соның салдарынан зардап шеккендер қаржылық қолдаусыз қалады. Бұл жағдай

азаматтар үшін, әсіресе табиғи апат қаупі жоғары аймақтарда тұратындар үшін, елеулі әлеуметтік тәуекелдер туындатады. Табиғи апаттар қаупін төмендету мақсатында сақтандыру жүйесін енгізуге арналған тұрғын үйлердің апат қаупін бағалау әдіснамасы ұсынылған.

Түйін сөздер: төтенше жағдайлар, табиғи апаттар, тұрғын үйді сақтандыру.

A. B. Kussainov¹, K. A. Narbayev², N. K. Kaiyrgeldy¹, Zh.O. Tleuova³

¹*Civil Defence Academy named after Malik Gabdullin MES of the Republik of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan*

²*NJSC "Kokshetau University named after Sh.Ualikhanov", Kokshetau, Kazakhstan*

³*Abai Myrzakhmetov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan*

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE RISK OF NATURAL DISASTERS BASED ON THE ANALYSIS OF NATURAL HAZARDS, HOUSING VULNERABILITY, AND POTENTIAL DAMAGE

Abstract. In the event of large-scale catastrophic natural hazards, existing compensation mechanisms are unable to fully cover the damage caused by natural disasters, as a result of which affected individuals are left without financial support. This situation creates significant social risks for citizens, especially in areas exposed to a high risk of natural disasters. In order to reduce disaster risks, a methodology for assessing the disaster risk of residential buildings has been proposed for the implementation of an insurance system.

Keywords: emergencies, natural disasters, housing insurance.

Сведения об авторах / Information about the authors

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

Нарбаев Калижан Ануарбекович – доктор PhD, асс. профессор (доцент), ассистент профессора кафедры «Горное дело, строительства и экологии» НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», Кокшетау, Казахстан. E-mail: Kalizhan76@mail.ru

Каиргельды Нурислам Куанышевич – старший преподаватель-методист факультета дистанционного обучения Академии гражданской защиты имени М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: nurislam.kayyrgeldin@bk.ru

Тлеуова Жулдуз Омербековна – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды Кокшетауского университета имени А. Мырзахметова, Кокшетау, Казахстан. E-mail: lady.zhulduz@bk.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

Kalizhan A. Narbayev – PhD, Associate Professor, Assistant Professor of the Department of "Mining, Construction and Ecology" NJSC "Kokshetau University named after Sh.Ualikhanov", Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: Kalizhan76@mail.ru

Nurislam K. Kaiyrgeldy - Senior lecturer and methodologist at the Faculty of Distance Learning at the Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: nurislam.kayyrgeldin@bk.ru

Zhulduz O. Tleuova – candidate of agricultural sciences, professor of the Department of Ecology, Life Safety and Environmental Protection of the Kokshetau University named after A. Myrzakhmetov, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: lady.zhulduz@bk.ru

УДК 614.84
МРНТИ 81.92.29

К. К. Оспанов¹, С. К. Байжанова¹, Т. К. Акжанов¹, В. В. Голев¹, Е. П. Булегенов²

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

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

АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ СЦЕНАРИЕВ И ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПОЖАРНОГО РИСКА УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТИВОАВАРИЙНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В статье рассмотрен анализ риска возникновения аварий на технологической установке гидроочистки дизельного топлива комплекса первичной переработки нефти ЛК-6У. Проведено моделирование аварийных сценариев с использованием схемы «галстук-бабочка», объединяющей деревья отказов и событий. Выполнены расчеты опасных факторов пожара и потенциального пожарного риска, а также оценено влияние систем противоаварийной и противопожарной защиты на уровень безопасности объекта.

Ключевые слова: риск, авария, пожарная безопасность, противоаварийная защита, гидроочистка дизельного топлива.

Предприятия нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, исходя из свойств перерабатываемых и производимых продуктов, а также особенностей технологических процессов, относятся к объектам повышенной опасности. На подобных объектах ежегодно происходят аварии, которые приводят к человеческим жертвам, значительным материальным потерям и наносят ущерб окружающей среде.

Согласно статистическим данным [1], ущерб от аварий в нефтегазовой промышленности в только 2018–2019 годах составил около 4,5 миллиарда долларов США, что эквивалентно примерно одной десятой всех убытков, понесенных отраслью за последние 50 лет. При этом на долю нефтеперерабатывающих заводов приходится около 50 % новых потерь, тогда как на предприятия нефтехимической промышленности – около 25 % [2].

Одним из эффективных способов предупреждения аварий на опасных производственных объектах (ОПО) является анализ риска, направленный на выявление потенциальных угроз и разработку мер по их снижению. Согласно методике [3], приоритетными являются количественные методы, позволяющие оценить отдельные риски и общий уровень опасности объекта на различных этапах его жизненного цикла.

Для определения вероятностей инициирующих и аварийных событий применяются методы анализа деревьев отказов и деревьев событий [3]. В настоящей работе моделирование и расчет аварийных рисков выполнены с использованием программного комплекса АРБИТР [4] на примере технологической установки гидроочистки дизельного топлива (ТУ ГДТ) комплекса первичной переработки нефти (КППН) ЛК-6У.

Гидроочистка дизельного топлива (гидрообессеривание) представляет собой процесс удаления серы из дизельной фракции на поверхности катализатора в среде водородсодержащего газа [5]. Процесс осуществляется в секции С-300/1 комплекса первичной переработки нефти (КППН) ЛК-6У.

Наиболее опасным элементом технологической установки гидроочистки дизельного топлива (ТУ ГДТ) является реакторный блок Р-301/1, содержащий до 15 т горючей технологической среды и работающий при температуре 330–420 °С и давлении 3–6,4 МПа. Превышение критических параметров может привести к разгерметизации реактора, выбросу технологической среды, пожару, взрыву и загрязнению окружающей среды.

Основными источниками зажигания на установке гидроочистки дизельного топлива являются открытое пламя технологических печей, нагретые поверхности и электрооборудование. Пожаровзрывобезопасность обеспечивается системами контроля, противоаварийной защиты, пожарной сигнализации и пожаротушения, газоанализа, вентиляции и защитного заземления, предназначенными для предупреждения аварий и снижения тяжести их последствий.

Для комплексного анализа причин и последствий аварии построена схема функциональной целостности (СФЦ) типа «галстук-бабочка» с логическими вершинами «И» и «ИЛИ», представленная на рисунке 1. В левой части схемы расположено «дерево отказов», отражающее причины возникновения аварии. В центре находится головное событие – «Разгерметизация реактора Р-301/1 с выбросом технологической среды (ТС)», условная вероятность которого принята равной 1. В правой части расположено «дерево событий», отражающее возможные сценарии развития и последствия аварии.

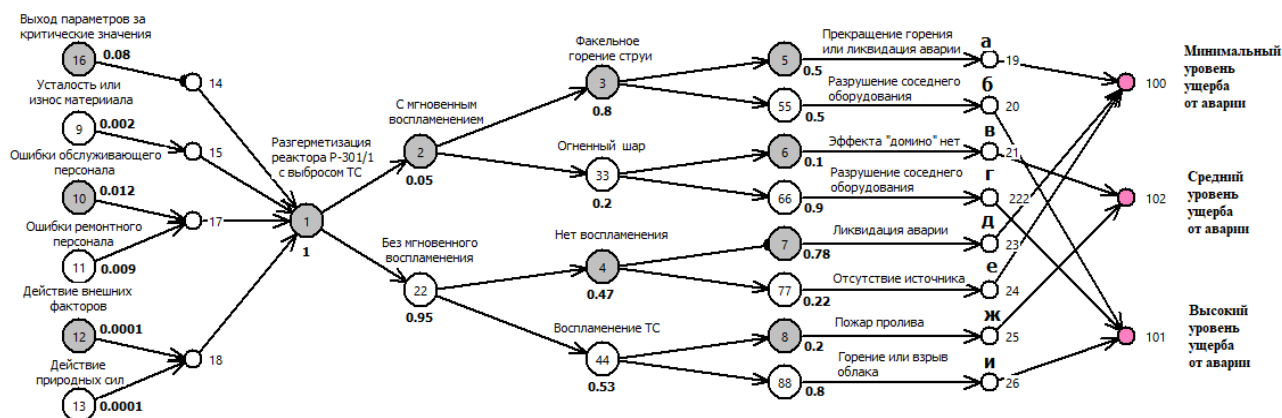


Рисунок 1 – СФЦ «галстук-бабочка» аварии Р-301/1 с выбросом ТС

На рисунке 1 вершины 100, 101 и 102 соответствуют сценариям с минимальным, средним и максимальным ущербом. Диаграмма отрицательных вкладов (рисунок 2) показывает, что наибольшее влияние на реализацию наиболее тяжелого сценария (вершина 101) оказывает выход технологических параметров за критические значения (вершина 16).

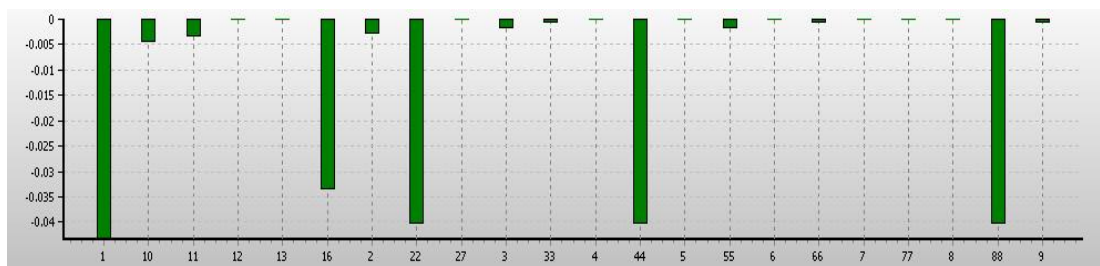


Рисунок 2 – Диаграмма отрицательных вкладов событий

Анализ диаграммы отрицательных вкладов показал необходимость снижения вероятности инициирующего события 16 – выхода технологических параметров за критические значения. Ее снижение с 0,08 до 0,04 уменьшает вероятность наиболее опасных аварийных сценариев на 56–61 %. Дополнительное снижение риска обеспечивается системой противоаварийной и противопожарной защиты (ПА и ППЗ), включенной в вершину 14.

При расчетах учитывалась вероятность эффективного срабатывания ПА и ППЗ [6]: $P=0$ (несоблюдение нормативных требований при проектировании, монтаже и эксплуатации), $P=0,5$ (отсутствие контроля за работоспособностью) и $P=0,95$ (наличие регулярного контроля работоспособности). Вероятность наиболее опасного сценария (вершина 101) составила соответственно 0,0434; 0,0266 и 0,0155. Полученные значения использованы для расчета частот аварийных сценариев, опасных факторов пожара и потенциального пожарного риска по Методике [6].

Для расчета были приняты следующие исходные данные: геометрический объем реактора $V_p=297 \text{ м}^3$; степень заполнения реактора $\varphi=0,6$; рабочее давление $P=6,4 \text{ МПа}$; рабочая температура $T=420 \text{ }^\circ\text{C}$; масса технологической среды в реакторе $m=15530 \text{ кг}$; коэффициент участия горючего вещества во взрыве $Z=0,1$; расстояние до границы промышленной площадки $L_{гр}=40 \text{ м}$; размеры сторон реакторного блока $30 \times 30 \text{ м}$. Состав технологической среды принят в следующей массовой доле от общей загруженности аппарата: дизельная фракция – 12968 кг (83,5 %); водород – 1980 кг (12,75 %); метан – 233 кг (1,5 %); этан – 70 кг (0,45 %); пропан – 47 кг (0,3 %); сероводород и аммиак – 233 (1,5 %).

С использованием частоты разгерметизации реактора через отверстие диаметром 50 мм, равной $Q_{разг.} = 3,8 \times 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ [6], выполнен расчет частот реализации окончательных аварийных сценариев. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Конечные сценарии развития аварии, частоты их реализации и основные поражающие факторы

Номер события (рис. 1)	Частота, P_i	Основной поражающий фактор
5	2×10^{-7}	Опасные факторы отсутствуют
55	$2,5 \times 10^{-7}$	Интенсивное тепловое излучение факела ($d=50 \text{ мм}$)
6	$1,5 \times 10^{-7}$	Опасные факторы отсутствуют
66	$1,5 \times 10^{-8}$	Интенсивное тепловое излучение ($>20 \text{ кВт/м}^2$)
7	$1,2 \times 10^{-6}$	Опасные факторы отсутствуют
77	$1,0 \times 10^{-6}$	Опасные факторы отсутствуют
8	$1,38 \times 10^{-6}$	Тепловое излучение пламени пролива
88	2×10^{-6}	Избыточное давление ударной волны

Анализ конечных опасных событий показал, что «взрыв облака ТВС» ($2,0 \cdot 10^{-6}$ год $^{-1}$) и пожар пролива ($1,38 \cdot 10^{-6}$ год $^{-1}$) являются наиболее вероятными аварийными сценариями. Наиболее тяжелым является сценарий образования огненного шара, так как на границе промышленной площадки интенсивность теплового излучения и избыточное давление ударной волны приводят к разрушению конструкций и создают высокий риск летального поражения персонала.

Массовый расход в начальный момент времени (G_0 , кг/с) определен в соответствии с требованиями Приложения № 3 к [6] по формуле:

$$G_0 = \mu \cdot \rho \cdot A_{hol} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_0 - h_{hol})}, \quad (1)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м ^{3} ; g – ускорение свободного падения (9,81 м/с ^{2}); μ – коэффициент истечения; A_{hol} – площадь отверстия, м ^{2} ; h_{hol} – высота расположения отверстия, м; h_0 – начальная высота столба жидкости в резервуаре, м.

Длина факела L_f , м, определялась по следующей эмпирической зависимости:

$$L_f = 5.3 \cdot d \cdot \left(\frac{G}{\rho_{возд} \cdot d^2 \cdot u_{cm}} \right)^{0.5}, \quad (2)$$

где d – диаметр отверстия истечения, м; G – массовый расход газопаровой смеси, кг/с; $\rho_{возд}$ – плотность окружающего воздуха, кг/м ^{3} ; u_{cm} – скорость истечения струи, м/с.

Интенсивность теплового излучения факела q , кВт/м ^{2} , определялась по выражению [6]:

$$q = E_f \cdot F_q. \quad (3)$$

где E_f – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м ^{2} ; F_q – угловой коэффициент облученности, учитывающий взаимное расположение факела и рассматриваемой точки.

При расчете среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени E_f , кВт/м ^{2} , принималась равной 320 кВт/м ^{2} . Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета интенсивности теплового излучения факела q , кВт/м ^{2}

Расстояние (R), м	Угловой коэф. (F_q)	Интенсивность (q), кВт/м ^{2}	Оценка воздействия
5	0,38	122	Мгновенное повреждение металла
10	0,16	51	Критическое воздействие на оборудование
20	0,05	16	Порог необратимых ожогов персонала
40	0,012	3,8	Допустимый уровень (безопасно)

Результаты расчетов показывают, что в зоне расположения реакторного блока интенсивность теплового излучения факела достигает 51 кВт/м ^{2} , что превышает критический уровень теплового воздействия и создает предпосылки для развития вторичных аварий («эффекта домино»). На границе промышленной площадки интенсивность теплового излучения снижается до 3,8 кВт/м ^{2} и не представляет существенной опасности для окружающей территории.

Масса мгновенно испарившегося продукта, поступившего в окружающее пространство, принята равной $m=2562$ кг и эффективный диаметр огненного шара рассчитан по следующей формуле [6]:

$$D_s = 6.48 \cdot m^{0,325}. \quad (4)$$

Интенсивность теплового излучения q , кВт/м², для огненного шара определялась по формуле 3 и среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени E_p , кВт/м², принята 350 кВт/м². Значение углового коэффициента облученности F_q вычислено по следующей формуле [6]:

$$F_q = \frac{D_s^2}{4 \cdot (H^2 + r^2)}, \quad (5)$$

где H – высота центра огненного шара, м; D_s – эффективный диаметр огненного шара, м; r – расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром огненного шара, м.

Результаты расчета представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчета интенсивности теплового излучения огненного шара q , кВт/м²

Расстояние r , м	Угловой коэф. F_q	Интенсивность q , кВт/м ²	Степень опасности
40	0,98	308	Летально (внутри зоны)
60	0,43	135	Летально
80	0,24	75	Ожоги III-IV степени
100	0,16	50	Порог необратимых травм
150	0,07	22	Порог термических ожогов

Результаты расчета, представленные в таблице 3, показали, что при реализации сценария образования огненного шара реакторный блок полностью попадает в зону интенсивного теплового воздействия. Расчетная интенсивность теплового излучения достигает 308 кВт/м², что значительно превышает критические значения и представляет опасность для технологического оборудования и персонала.

Для сценария пожара пролива дизельной фракции ($m=12968$ кг) расчетным путем определены следующие параметры: площадь пролива составляет 772 м², что соответствует эквивалентному радиусу 15,7 м, а высота пламени принимается в диапазоне 28–30 м. Интенсивность теплового излучения q , кВт/м², определялась согласно Методике [6] и результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчета интенсивности теплового излучения пролива q , кВт/м²

Расстояние r , м	Угловой коэф. F_q	Интенсивность q , кВт/м ²	Степень опасности
20 (край пролива)	0,45	8,9	Порог болевых ощущений
40 (граница пл.)	0,18	3,6	Допустимо
60	0,08	1,6	Безопасно
80	0,05	1,0	Безопасно

Анализ пожара пролива дизельной фракции ($m=12968$ кг) показал, что на границе промышленной площадки 40 м интенсивность теплового излучения q , кВт/м², составляет 3,6 кВт/м². Данный уровень является допустимым для кратковременного пребывания персонала, однако при 18-минутном времени выгорания создает угрозу длительного термического воздействия на оборудование. В отличие от мгновенных поражающих факторов («взрыв ТВС» или «огненный шар»), пожар пролива не формирует зон гарантированной гибели на границе площадки, что позволяет классифицировать его как менее критичный, но требующий защиты конструкций от перегрева.

Для оценки параметров взрыва облака топливно-воздушной смеси (ТВС) массой 2562 кг был применен метод тротилового эквивалента. Исходя из коэффициента участия горючего во взрыве 0,1 и удельной энергии сгорания 47 МДж/кг, энергия взрыва составила 12,04 ГДж. Приведенная масса тротилового эквивалента для данного сценария определена на уровне 267 кг.

Расчет избыточного давления ударной волны был выполнен в зависимости от приведенного расстояния, которое учитывает, как фактическую дистанцию от центра очага, так и энерговыделение взрыва. Полученные значения избыточного давления для различных зон поражения представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Расчетные значения избыточного давления ударной волны и степени разрушения зданий и сооружений ΔP , кПа

Расстояние r , м	Давление ΔP , кПа	Степень разрушения
20	125	Полное разрушение конструкций
40 (граница)	52	Сильные повреждения, критический риск
60	28	Разрушение перегородок, травмы
80	18	Повреждение остекления
100	12	Минимальные повреждения

Результаты расчетов показали, что наиболее опасным сценарием является взрыв топливно-воздушной смеси (ТВС). На границе промышленной площадки, расположенной на расстоянии 40 м от очага аварии, расчетное избыточное давление ударной волны составляет 52 кПа, что соответствует зоне сильных повреждений зданий и сооружений и представляет высокий риск поражения персонала.

На основании полученных частот реализации аварийных сценариев и результатов расчета параметров опасных факторов пожара (интенсивности теплового излучения и избыточного давления ударной волны) выполнен расчет потенциального пожарного риска $P(a)$, в соответствии с Методикой [6]:

$$P(a) = \sum_{i=1}^J Q_{dj}(a) \cdot Q_j, \quad (6)$$

где J – число сценариев развития пожароопасных ситуаций; $Q_{dj}(a)$ – условная вероятность поражения человека в определенной точке территории (a) в результате реализации j -го сценария развития пожароопасных ситуаций, отвечающего определенному иницирующему аварии событию; Q_j – частота реализации в течение года j -го сценария развития пожароопасных ситуаций, год⁻¹. Сравнительные результаты расчета потенциального пожарного риска $P(a)$, для рассматриваемых аварийных сценариев представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Сводная таблица расчета потенциального риска $P(a)$, на границе промышленной площадки технологической установки (40 м)

Сценарий (номер события)	$P(a)$ (без защиты, $P=0$)	$P(a)$ ($P=0,5$)	$P(a)$ ($P=0,95$)
Огненный шар (66)	$2,79 \cdot 10^{-7}$	$1,39 \cdot 10^{-7}$	$1,39 \cdot 10^{-8}$
Факельное горение струи (55)	$1,39 \cdot 10^{-7}$	$6,95 \cdot 10^{-8}$	$6,95 \cdot 10^{-9}$
Горение или взрыв облака (88)	$1,08 \cdot 10^{-6}$	$5,4 \cdot 10^{-7}$	$5,4 \cdot 10^{-8}$
Пожар пролива (8)	$1,55 \cdot 10^{-8}$	$7,75 \cdot 10^{-9}$	$7,75 \cdot 10^{-10}$
$P(a)$	$1,51 \cdot 10^{-6}$	$7,56 \cdot 10^{-7}$	$7,56 \cdot 10^{-8}$

Проведенное исследование показало, что применение метода «галстук-бабочка» позволяет выявить наиболее опасные сценарии аварий и применимо при анализе частоты реализации окончательных опасных событий и расчетах потенциального пожарного риска.

Анализ показал, что при отсутствии эффективных систем противоаварийной и противопожарной защиты потенциальный пожарный риск составляет $1,51 \times 10^{-6}$ год⁻¹, что превышает нормативное значение 1×10^{-6} год⁻¹ на 51%. Применение систем защиты с вероятностью эффективного срабатывания 0,5 снижает риск до $7,56 \times 10^{-7}$ год⁻¹ (на 50 %), обеспечивая допустимый уровень безопасности.

Наиболее эффективным является внедрение автоматизированных систем ПАЗ и ППЗ с вероятностью эффективного срабатывания не менее 0,95. В этом случае потенциальный пожарный риск снижается до $7,56 \times 10^{-8}$ год⁻¹, что соответствует уменьшению на 95 % (в 20 раз) по сравнению с исходным уровнем и значительно ниже нормативного значения 10^{-6} год⁻¹.

Полученные результаты подтверждают, что внедрение высоконадежных систем ПАЗ и ППЗ является эффективным способом снижения вероятности реализации аварийных сценариев и повышения уровня пожарной безопасности объектов нефтеперерабатывающей промышленности.

Список литературы

1. 100 Largest Losses in the Hydrocarbon Industry 1974–2019. 26th edition, March 2020, pp. 4–16. URL: marsh.com/content/dam/marsh/Documents/PDF/UK-en/100-largestlosses-in-hydrocarbon-history.pdf (дата обращения: 15.01.2026).
2. Оспанов К. К. Аналитический обзор систем противоаварийной и противопожарной защиты технологического процесса гидроочистки дизельного топлива / К. К. Оспанов, А. В. Федоров, С. К. Байжанова // Наука и образование в гражданской защите. – 2022. – № 3. – С. 64–69.
3. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах: руководство по безопасности. Приказ № 144 от 11.04.2016 г. М.: ФСЭТАН, 2016. – 56 с.
4. Скворцов М. С. Проектирование систем ПАЗ с учетом анализа опасностей и риска аварий на опасном производственном объекте // Автоматизация в промышленности. 2018. № 3. С. 61–65.
5. Кожемякин М. Ю., Черкасова Е. И. Гидроочистка дизельного топлива // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 23. – С. 28–32.

6. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ № 533 от 26.06.2024 г.

References

1. 100 Largest Losses in the Hydrocarbon Industry 1974–2019. 26th edition, March 2020, pp. 4–16. URL: marsh.com/content/dam/marsh/Documents/PDF/UK-en/100-largestlosses-in-hydrocarbon-history.pdf (data obrashcheniya: 15.01.2026).
2. Ospanov K. K. Analiticheskij obzor sistem protivopozharnoj zashchity tekhnologicheskogo processa gidroochistki dizel'nogo topliva / K. K. Ospanov, A. V. Fedorov, S. K. Bajzhanova // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashchite. – 2022. – № 3. – S. 64-69.
3. Federal'naya sluzhba po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru. Metodicheskie osnovy po provedeniyu analiza opasnostej i ocenki riska avarij na opasnyh proizvodstvennyh ob'ektah: rukovodstvo po bezopasnosti. Prikaz № 144 ot 11.04.2016 g. – M.: FSETAN, 2016. – 56 s.
4. Skvorcov M. S. Proektirovanie sistem PAZ s uchetom analiza opasnostej i riska avarij na opasnom proizvodstvennom ob'ekte // Avtomatizaciya v promyshlennosti. – 2018. – № 3. – S. 61–65.
5. Kozhemyakin M. YU., Cherkasova E. I. Gidroochistka dizel'nogo topliva // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. – T. 18, № 23. – S. 28–32.
6. Ministerstvo Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij. Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennyh ob'ektah: prikaz № 533 ot 26.06.2024 g.

Қ. К. Оспанов¹, С. К. Байжанова¹, Т. Қ. Ақжанов¹, В. В. Голев¹, Е. П. Булегенов²

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

²Қазақстан Республикасының Ұлттық қорғаныс университеті, Астана, Қазақстан

АПАТҚА ҚАРСЫ ЖҮЙЕЛЕРДІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ДИЗЕЛЬ ОТЫНЫН ГИДРОТАЗАРТУ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ АВАРИЯЛЫҚ СЦЕНАРИЙЛЕРІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ЫҚТИМАЛ ӨРТ ҚАУПІН БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Мақалада ЛК-6У мұнайды бастапқы өңдеу кешенінің дизель отынын гидротазарту технологиялық қондырғысында авариялардың туындау тәуекеліне талдау жүргізілген. Ақаулар мен оқиғалар ағаштарын біріктіретін «галстук-көбелек» сызбасын қолдану арқылы авариялық сценарийлер модельденді. Өрттің қауіпті факторлары мен ықтимал өрт қаупінің есептеулері жүргізіліп, сондай-ақ аварияға қарсы және өртке қарсы қорғау жүйелерінің объектінің қауіпсіздік деңгейіне әсері бағаланды.

Түйінді сөздер: тәуекел, авария, өрт қауіпсіздігі, аварияға қарсы қорғау, дизель отынын гидротазарту.

K. K. Ospanov¹, S. K. Baizhanova¹, T. K. Akzhanov¹, V. V. Golev¹, E. P. Bulegenov²

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*

ANALYSIS OF ACCIDENT SCENARIOS AND ASSESSMENT OF POTENTIAL FIRE RISK AT A DIESEL FUEL HYDROTREATING UNIT USING EMERGENCY PROTECTION SYSTEMS

Abstract. The article presents an analysis of the risk of accidents at the diesel fuel hydrotreating process unit of the LK-6U primary oil refining complex. Accident scenarios were modeled using the bow-tie method, which combines fault trees and event trees. The hazardous factors of fire and potential fire risk were calculated, and the impact of emergency and fire protection systems on the overall safety level of the facility was assessed.

Keywords: risk, accident, fire safety, emergency protection, diesel fuel hydrotreating.

Сведения об авторах / Information about the authors

Оспанов Кайрат Келденович – кандидат технических наук, начальник кафедры оперативно-тактических дисциплин Академии гражданской защиты имени М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: kairat_ospanov90@bk.ru

Байжанова Салтанат Канатовна – старший преподаватель кафедры социально-гуманитарных дисциплин, языковой и психологической подготовки Академии гражданской защиты имени М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: baizhanovas@gmail.com

Акжанов Турлыбек Казбекович – профессор кафедры оперативно-тактических дисциплин Академии гражданской защиты имени М. Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: akzhanovt@yandex.kz

Голев Владимир Владимирович – старший преподаватель кафедры оперативно-тактических дисциплин Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан. E-mail: golev.v@internet.ru

Бulegenov Ернар Пернебаевич – кандидат военных наук, старший преподаватель кафедры гражданской защиты Национального университета обороны Республики Казахстан, Астана, Казахстан. E-mail: yernaray789@mail.ru

Kairat K. Ospanov – Candidate of Technical Sciences, 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

Saltanat K. Baizhanova – Senior Lecturer at the Department of Social and Humanitarian Disciplines, Language and Psychological Training of the M. Gabdullin Academy of Civil Protection of the MES of the Republic of Kazakhstan, Kokshetau, Kazakhstan. E-mail: baizhanovas@gmail.com

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.

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

Yernar P. Bulegenov – Candidate of Military Sciences, Senior Lecturer at the Department of Civil Protection of the National Defense University of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan. E-mail: yernaray789@mail.ru

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** (*Aңдатпа, 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	y	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; 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»
№ 3 (63), 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 25.09.2026 г.
Формат 60х84/8 Объем 12,09 п.л.
Тираж 250 экз. Заказ № 360

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