

ШАЛАБАЕВА МАЙРА ХУСАИНОВНА

Диссертационная работа на тему «Методы и модели автоматизированной оценки экологической безопасности при ликвидации последствий аварий на железнодорожном транспорте»
на соискание степени доктора философии (PhD)
по образовательной программе D07100 - Автоматизация и управление

АННОТАЦИЯ

Актуальность темы исследования. Анализ работ, посвященных научным основам ликвидации (устранения) последствий ж.д. аварийных ситуаций (ЖД АС) с опасными грузами (ОпГр), показал, что они являются цепью взаимосвязанных процессов. Эти процессы нуждаются в проведении ряда мероприятий, которые направлены на предотвращение разнообразных угроз людям, защите ОКСр, сохранение грузов, подвижной состав (ПС), объектов ж.д. инфраструктуры и т.п. в максимально короткие сроки. При этом важное значение имеет и рациональное использование разнообразных ресурсов, необходимых для выполнения этих мероприятий. [58] Проведение мероприятий по локализации ЖД АС и устранения их последствий предполагает мониторинг сложившейся обстановки, в том числе с использованием автоматических (автоматизированных) систем мониторинга состояния ОКСр на месте ЖД АС, выбор эффективных способов действий с учетом всех установленных мер безопасности. Особенностью сбора информации и оценки обстановки, сложившейся на месте возникновения ЖД АС, является то, что эти процессы осуществляются в условиях дефицита времени, непрерывного роста негативного воздействия на ОКСр и убытков от нарушения графика движения поездов, наличия угрозы людям, недостаточной информации о состоянии груза, ПС и объектов инфраструктуры железной дороги (ж.д.) и тому подобное. [60]

Для эффективного решения задач, связанных с выработкой рационального и своевременного решения руководителю оперативного штаба (ОПШ), нужно иметь четко построенную систему управления, организовать на научной основе работу ОПШ с использованием современных информационных технологий, в том числе и интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР) и мобильных автоматизированных систем мониторинга качества воздуха (МАСМКВ).

Принятие обоснованных управленческих решений по локализации ЖД АС с ОпГр и ликвидации их последствий должно осуществляться с помощью СППР, для создания которых следует использовать предложенные математические модели прогнозирования развития таких ЖД АС и структурно-логические схемы действий руководителей оперативного штаба. Данное обстоятельство и обусловило выбор темы исследования.

Цель исследования – развитие моделей, методов и информационных технологий для автоматизированной системы мониторинга качества воздуха при ликвидации последствий железнодорожных аварийных ситуаций при перевозке ОпГр как источников экологически вредного воздействия на ОКСр.

Задачи исследования:

1) выполнить обзор и анализ предшествующих исследований по проблематике управления ликвидацией аварийных ситуаций на ЖДТ, связанных с экологической безопасностью при перевозке ОпГр;

2) формализовать систему железнодорожных перевозок ОпГр в виде ориентированного графа состояний безопасного функционирования ЖДТС с учетом возможности возникновения ЖД АС, ее оценки, локализации и ликвидации ее последствий;

3) дополнить существующие и разработать новые модели для обоснования и программного моделирования различных схем организации проведения аварийно-восстановительных работ структурными подразделениями функциональной подсистемы ЖДТ;

4) спроектировать и реализовать мобильную автоматизированную систему мониторинга качества воздуха на инфраструктурных объектах ЖДТ (МАСМКВ), которая интегрирует разработанные модели и новые ИТ.

Объект исследования – процессы применения мобильной автоматизированной системы мониторинга качества воздуха при ликвидации последствий железнодорожных аварийных ситуаций при перевозке опасных грузов как источников экологически вредного воздействия на ОкСр.

Методы исследования – в работе использован комплексный системный подход, включающий анализ и обобщение отечественного, мирового опыта, а также собственных исследований по вопросам, связанным с развитием научных методов управления экологической безопасностью при ликвидации последствий аварийных ситуаций на ЖДТ; на основании методов исследования операций и математического моделирования, разработана математическая модель функционирования системы железнодорожных перевозок в случае возникновения аварийных ситуаций при транспортировке ОпГр, структурно-аналитические модели определения величин опасных для ОкСр и жизнедеятельности человека факторов аварийных ситуаций при транспортировке ОпГр и легко алгоритмизируемой структурно логической схемы действий оперативного штаба по ликвидации аварийных ситуаций; на основании методов теории систем массового обслуживания (СМО) осуществлено формальное описание функционирования системы «окружающая среда – аварийный объект – ликвидационные подразделения». Задействованы методы объектно-ориентированного программирования в ходе программной реализации формального описания действий аварийных подразделений как процессов функционирования системы массового обслуживания без временных ограничений на платформе технологии ADO.net.

Полученные в работе результаты основаны на известных методах инженерных расчетов. В ходе исследования использовались стандартные методы обработки данных с использованием электронно-вычислительной машины (ЭВМ). Также для компьютерного моделирования использовалось программное обеспечение сложных ИТ-систем и процессов ЖДТ. Сходство экспериментальных данных, полученных в ходе расчетных экспериментов, и

результатов теоретического расчета подтверждено соответствующими входными актами, представленными в приложениях к диссертационной работе.

Предмет исследования – методы, модели и информационные технологии управления экологической безопасностью при ликвидации последствий аварийных ситуаций на ЖДТ с ОпГр.

Теоретико-методологические основы исследования. В процессе выполнения диссертационной работы за основу принят комплексный системный подход. Это позволило задействовать классические методы анализа и обобщить отечественный и мировой опыт в области исследований, посвященных развитию научных методов управления экологической безопасностью при ликвидации последствий аварийных ситуаций на ЖДТ. Также на основе классических методов исследования операций и математического моделирования, была разработана математическая модель функционирования системы железнодорожных перевозок в случае возникновения аварийных ситуаций при транспортировке ОпГр. Кроме того, эти методы исследования операций позволили разработать структурно-аналитические модели определения величин опасных для ОкСр и жизнедеятельности человека факторов аварийных ситуаций при транспортировке ОпГр. Данные схемы легко алгоритмируются на основе парадигмы объектно-ориентированного программирования. На основании методов теории СМО выполнено формальное описание функционирования системы «ОкСр – аварийный объект – ликвидационные подразделения ЖДТ». Задействованы методы объектно-ориентированного программирования в ходе программной реализации формального описания действий аварийных подразделений как процессов функционирования СМО без временных ограничений на платформе технологии ADO.net.

Результаты, полученные в работе, основываются на известных апробированных инженерных методах расчета. В процессе исследования применялись стандартные методы обработки данных с использованием ЭВМ. Также для компьютерного моделирования применялось программное обеспечение для ИТ сложных систем и процессов на ЖДТ. Сходимость экспериментальных данных, полученных во время вычислительных экспериментов, и результатов теоретических расчетов, подтверждена соответствующими актами внедрения, которые представлены в приложениях к диссертации.

Научная новизна:

- впервые формализована система железнодорожных перевозок ОпГр в виде ориентированного графа состояний безопасного функционирования ЖДТС с учетом возможности возникновения аварийной ситуации, ее оценки, локализации и ликвидации ее последствий;

- получили развитие математические модели, которые доведены до уровня практических расчетов вероятностей нахождения ЖДТС при перевозке ОпГр в состоянии безопасного функционирования в зависимости от тех или иных технологических и организационных мероприятий поддержки системы в состоянии надежности, которые в отличие от имеющихся, обеспечивают

синергетический эффект в виде значительного сокращения не только времени ликвидационных работ, но и более чем пропорционального ему уменьшения негативных последствий этих ситуаций на ОкСр;

- усовершенствованы математические модели на основе методов ТМО и адаптированных вариантов этих методов, которые в отличие от существующих, позволяют обосновывать различные схемы организации проведения аварийно-восстановительных работ структурными подразделениями функциональной подсистемы железнодорожного транспорта.

Практическая ценность.

Спроектирована и реализована система мониторинга качества воздуха на инфраструктурных объектах ЖДТ. Система (или МАСМКВ) состоит из двух основных частей: единого сервера обработки данных и устройств сбора информации. Передатчик построен на базе микроконтроллера ATmega328. Для компонентных устройств МАСМКВ работа которых зависит от WiFi, использован передатчик на базе микроконтроллера ESP8266, что обеспечивает стабильную связь по стандарту 802.11n. [89] Данный стандарт является основным протоколом передачи данных между устройствами сбора данных об окружающей среде и сервером MQTT. В реализованном МАСМКВ сервер обработки данных получает информацию через протокол MQTT со всех устройств о состоянии каждого датчика и местонахождение устройства в месте ЖД аварии, сопровождавшихся загрязнением окружающей среды. Все данные с определенной периодичностью записываются в базу данных на сервере в соответствующем формате с временными метками. Для доступа к хранимым данным используется WEB-интерфейс, что позволяет администрировать МАСМКВ из всех устройств, которые имеют веб-браузер.

Система мониторинга (МАСМКВ) успешно протестирована ЖД Украины и Казахстана на стабильность и скорость работы. Работа веб приложения МАСМКВ протестирована на разных системах виртуализации и с разным количеством предоставленных вычислительных ресурсов.

Апробирована и внедрена программная реализация формального описания действий аварийных подразделений как процессов функционирования системы массового обслуживания без временных ограничений на платформе технологии ADO.net. [89]

Также результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, применяются в учебном процессе при подготовке магистрантов и докторантов образовательной программы «Автоматизация и управление» Международного транспортно-гуманитарного университета (МГТУ).

Фактическое внедрение и применение результатов, полученных в ходе диссертационного исследования, подтверждено соответствующими актами о внедрении. Скан копии данных актов о внедрении приведены в приложениях к диссертации.

Результаты исследования. Научно-технический уровень разработки мобильной автоматизированной системы мониторинга качества воздуха (МАСМКВ) соответствует лучшим мировым образцам.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты и положения диссертации, также выводы, сделанные в ходе исследований, докладывались и обсуждались на научных семинарах в таких организациях: кафедра «Автоматизация и электроэнергетика на транспорте» Международного транспортно-гуманитарного университета; кафедры «Компьютерные системы, сети и кибербезопасность» и «Компьютерных наук» Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (онлайн, г.Киев, Украина) и на международных научно-практических конференциях: «Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике», 2020г, 2021 г., Пенза, Россия; «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта», 2021 г., Днепр, Украина; «Современные информационные и коммуникационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании», 2021г., 2022г., Днепр, Украина; «Транспортный потенциал Казахстана: истоки и перспективы», 2021г., Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан.

Публикации. Все результаты, представленные в диссертации, ранее опубликованы в 15 научных работах. В том числе 3 статьи опубликованы в журналах, рекомендованных КОКСОН МОН РК; 7 публикации в материалах международных конференций, 3 статьи в журналах, входящих в базу Scopus и 2 статьи в научных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, изложенных на 141 страницах и содержит 63 рисунка, 3 таблицы, 92 использованных источников и 3 приложения.

Во **Введении** обоснованы выбор темы исследования, ее актуальности, научной новизны, теоретической и практической значимости работы.

В **первой главе** был проведен обзор предыдущих исследований по вопросам управления реагированием на чрезвычайные ситуации при перевозке опасных грузов, связанных с экологической безопасностью. Проведен анализ методов и моделей автоматизированной оценки экологической безопасности при ликвидации последствий аварий на ЖДТ.

Наземный транспорт в промышленно развитых регионах мира стал базисом развития других отраслей экономики. При этом экологическая нагрузка на ОкСр от транспорта также остается существенной. Анализ экологической составляющей триады системы «транспорт – природа (ОкСр) – человек», показал, что обострение экологических проблем на транспорте и усиление его негативного воздействия на ОкСр, стали следствием недостаточного внимания именно к экологической составляющей данной триады. Однако, эта проблема сегодня стала влиять на экологическую ситуацию в мире в следствие опережающих темпов развития транспорта, прежде всего автомобильного и воздушного, и особенностями взаимодействия транспортных систем с ОкСр.

Далее в данной главе проведен анализ статистики по транспортным происшествиям на ЖДТ в странах европейского союза (ЕС), а также анализ литературы по общим проблемам ликвидации последствий аварий при перевозке основных экологически ОпГр, вопросам совершенствования профилактических мероприятий при перевозках ОпГр.

Во многих зарубежных странах в настоящее время большое внимание уделяется проблеме интеллектуализации транспортных процессов, в том числе и для повышения уровня безопасности перевозок, улучшения экологической обстановки, снижения негативного влияния человеческого фактора на качество управления и тому подобное.

Еще одно направление научных исследований, посвященных научно-методическим подходам создания интеллектуальных транспортных систем, с учетом особенностей функционирования ЖДТ, является применения в их составе экспертных систем (ЭС) и систем поддержки принятия решений (СППР), применению информационных технологий, новейших систем связи и мониторинга состояния объектов инфраструктуры и подвижного состава.

Во **второй главе** были рассмотрены теория систем и методы принятия решений, системный анализ, математическое моделирование экологических процессов реагирования на ЖД АС, нормативных документов по определению мер безопасности и порядка их ликвидации с ОпГр.

Ликвидация (устранением) последствий ж.д. аварийных ситуаций (далее ЖД АС) с ОпГр являются цепью взаимосвязанных процессов, которые нуждаются в проведении ряда мероприятий, которые направлены на предотвращение разнообразных угроз людям, защите ОкСр, сохранение грузов, ПС, объектов ж.д. инфраструктуры, восстановление движения поездов, возобновление маневровой работы и т.п. в максимально короткие сроки. При этом важное значение имеет и рациональное использование разнообразных ресурсов, необходимых для выполнения этих мероприятий. Итак, сбалансированные сроки восстановления движения поездов (работоспособности транспортной системы) и необходимые для этого ресурсы являются критериями эффективности системы ликвидации последствий ЖД АС при перевозке ОпГр.

Следует отметить, что действующими нормативными документами предусмотрен только порядок оповещения о наступлении ЖД АС. Но не определен порядок реагирования на такие ситуации. Такое положение можно объяснить тем, что подобные ситуации очень разнообразны как по характеру, масштабу, так и способами реагирования.

Проведение мероприятий по локализации ЖД АС и устранения их последствий предполагает мониторинг сложившейся обстановки, выбор эффективных способов действий с учетом всех установленных мер безопасности.

На успешность проведения мероприятий влияет также укомплектованность подразделений личным составом и техникой. [60]

Рассмотрим предложенную схему управления ликвидацией последствий аварийной ситуации с ОпГр, сопровождающихся угрозой для ОкСр (рис. 1), которую можно считать универсальной в том смысле, что она учитывает предварительную типизацию ЖД АС и способов реагирования на них.

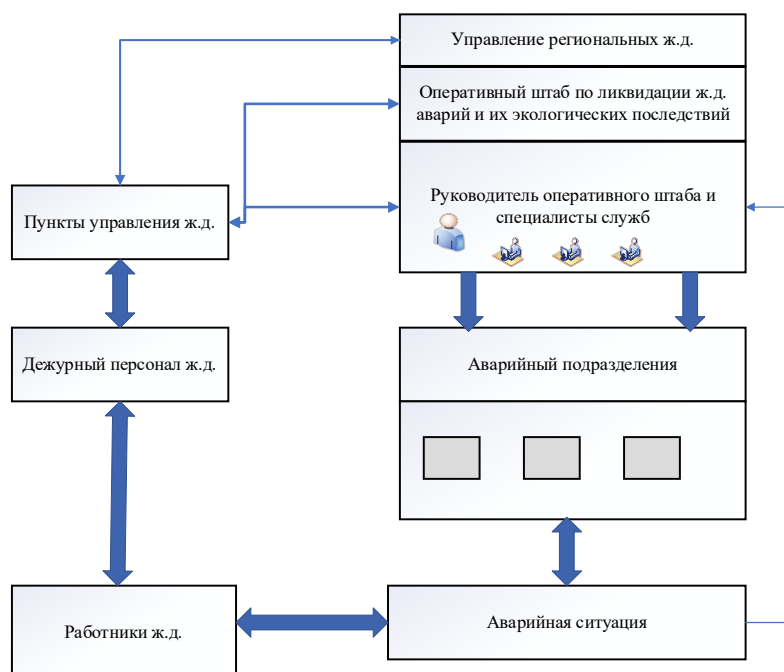


Рисунок 1 – Схема управления ликвидацией последствий аварийной ситуации с ОпГр, сопровождающихся угрозой для ОкСр

Установлено, что при возникновении ЖД АС руководителю оперативного штаба в сложных условиях отсутствия полной и достаточной информации о причинно-следственных связях между компонентами такой ситуации необходимо принимать определенное количество индивидуальных, коллегиальных, информационных, организационных, оперативных решений, направленных на согласование, координацию и управление подчиненными пунктами управления и ликвидационными подразделениями, которые могут превышать его возможности принятия таких решений и / или влиять на их обоснованность.

Принятие обоснованных управленческих решений по локализации ЖД АС с ОпГр и ликвидации их последствий должно осуществляться с помощью СППР, для создания которых следует использовать предложенные математические модели прогнозирования развития таких ситуаций и структурно-логические схемы действий руководителей оперативного штаба.

В **третьей главе** диссертационной работы обоснована возможность применения методов теории систем массового обслуживания для формального описания процессов функционирования системы «окружающая среда – аварийный объект – ликвидационные подразделения».

Исследование железнодорожных (ЖД) аварийных ситуаций (АС) с опасными грузами (ОпГр), свидетельствуют о том, что их развитие имеет сложный характер, конечным результатом которого может быть: возникновение тяжелых последствий, связанных со взрывами, пожарами, гибелью или травмированием людей, разрушением подвижного состава (ПС) и объектов ж.д. транспорта (ЖДТ), загрязнением окружающей среды (ОкСр) и т.п. Для научного обоснования эффективного управления процессами восстановления безопасного состояния функционирования системы «ОкСр - аварийный объект -

ликвидационные подразделения» нужно выделить возможные сценарии их развития:

- медленное накопление негативных факторов ЖД АС, но не до уровня их критических значений. Это не приводит к взрывам или пожарам и т.п.;
- медленное накопление негативных факторов ЖД АС, их выход за пределы критических значений с последующим взрывом или пожаром и т.п.;
- быстрое накопление негативных факторов ЖД АС с их выходом за критические пределы. Что приводит к пожару или взрыву и т.п.

Такие ЖД АС, как правило, характеризуются неполнотой информации о развитии их опасных факторов, губительным воздействием на людей, ОкСр, объекты инфраструктуры и ПС ЖДТ, быстрым ростом с течением времени экологических, материальных, экономических и других убытков.

Для принятия мер по локализации таких ЖД АС и ликвидации их последствий необходимо привлечение определенного количества разнообразных по назначению ликвидационных подразделений ЖДТ и других министерств и ведомств.

Причем в процессе организации ликвидационных работ необходимо обеспечивать определенные критерии их эффективности (ситуативные критерии), достичь которых можно только на основании научно обоснованного прогнозирования успешности завершения этих работ в установленные сроки и при имеющихся ресурсах.

Развитие ЖД АС обуславливает сложные условия процесса анализа обстановки и выработки руководителем оперативного штаба решений по реагированию на нее, которые, в частности, характеризуются и дефицитом времени, связанного с необходимостью скорейшего восстановления движения поездов, а также приемом и осознанием им большого количества разнообразной информации о ЧС.

Поэтому эффективное решение задач локализации ЖД АС и ликвидации их последствий требует применения современных ИТ, в том числе и СППР.

В ходе исследований была обоснована возможность применения методов теории систем массового обслуживания для формального описания процессов функционирования системы «окружающая среда – аварийный объект – ликвидационные подразделения». Были получены следующие результаты:

Показана возможность применения классических методов теории массового обслуживания и адаптированных вариантов этих методов для обоснования и моделирования различных схем организации проведения аварийно-восстановительных работ структурными подразделениями функциональной подсистемы железнодорожного транспорта, формирования сетевых систем (соединений) таких подразделений, обеспечения их необходимыми ресурсами, прогнозирования и оценки эффективности действий таких подразделений.

Доказано, что существенное уменьшение негативного влияния последствий ЖД АС на окружающую среду возможно при сокращении срока проведения ликвидационных работ, а также при уменьшении времени сосредоточения подразделений и применения сил и средств необходимой

производительности. А увеличение времени сосредоточения требует увеличения в разы производительности таких сил и средств.

В четвертой главе диссертационной работы описана спроектированная мобильная автоматизированная система мониторинга качества воздуха (МАСМКВ), которая может быть использована в местах ЧП или техногенных аварий на ЖДТ. Результатами компьютерного моделирования показано, что существенное уменьшение негативного влияния последствий ЖД АС на окружающую среду возможно при сокращении срока проведения ликвидационных работ, а также при уменьшении времени сосредоточения подразделений и применения сил и средств необходимой производительности.

Мобильная автоматизированная система мониторинга качества воздуха (МАСМКВ) на инфраструктурных объектах железнодорожного транспорта (ЖДТ) состоит из двух основных частей: единого сервера обработки данных и устройств сбора информации. Передатчик построен на базе микроконтроллера ATmega328. Для компонентных устройств МАСМКВ работа которых зависит от Wi-Fi, использован передатчик на базе микроконтроллера ESP8266, что обеспечивает стабильную связь по стандарту 802.11n. Данный стандарт является основным протоколом передачи данных между устройствами сбора данных об окружающей среде и сервером MQTT. В реализованном МАСМКВ сервер обработки данных получает информацию через протокол MQTT со всех устройств о состоянии каждого датчика и местонахождение устройства в месте ЖД аварии, сопровождавшихся загрязнением окружающей среды. Все данные с определенной периодичностью записываются в базу данных на сервере в соответствующем формате с временными метками. Для доступа к хранимым данным используется WEB-интерфейс, что позволяет администрировать МАСМКВ из всех устройств, которые имеют веб-браузер.

Выполнена программная реализация формального описания действий аварийных подразделений как процессов функционирования системы массового обслуживания без временных ограничений на платформе технологии ADO.net. Установлены количественные соотношения между интенсивностью воздействия опасных факторов ЖД АС, времени прибытия, развертывания и производительности действий ликвидационных подразделений и эффективностью выполнения ликвидационных работ, связанных с минимизацией ущерба для окружающей среды от опасных грузов, перевозимых ЖДТ.

Результатами компьютерного моделирования с помощью разработанного приложения показано, что существенное уменьшение негативного влияния последствий ЖД АС на окружающую среду возможно при сокращении срока проведения ликвидационных работ, а также при уменьшении времени сосредоточения подразделений и применения сил и средств необходимой производительности. А увеличение времени сосредоточения требует увеличения в разы производительности таких сил и средств. В ходе имитационных вычислительных экспериментов на ЭВМ установлено, что если средства ликвидации последствий ЖД АС не соответствуют ее характеру и/или крайне малопродуктивны, то даже при их своевременном сосредоточении на

месте ликвидации, они не будут эффективными. Или же, даже если средства ликвидации достаточно эффективны, но сосредоточение их на месте возникновения этой ситуации произошло с опозданием, то они также не дадут эффекта.

В **Заключении** дано краткое описание сути диссертационного исследования, основные выводы и заключения по диссертации.

По теме диссертации опубликованы 9 статей и 6 тезиса:

1. Шалабаева М. Х., Абуова А. Экологические проблемы на железнодорожном транспорте. Вестник КазНУТУ им.К.И.Сатпаева. Том 143 №5 (2021). – С. 115-122.

2. Шалабаева М. Х. Анализ методов и моделей для автоматизированной оценки экологической безопасности при ликвидации последствий аварий на железнодорожном транспорте. //Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: сборник статей XX МНТК. Пенза: Приволжский дом знаний, 2020, с. 226-231

3. Ахметов Б. С., Шалабаева М. Х. Математическая поддержка реагирования на железнодорожные аварийные ситуации. Вестник ЕНУ им. Л.Н.Гумилева. Серия Технические науки и технологии. Нур Султан, 2021. № 1 (134). с. 80-90.

4. Ахметов Б. С., Шалабаева М. Х. Управление реагированием на железнодорожные аварийные ситуации при транспортировке опасных грузов и оценки экологической безопасности при ликвидации последствий. МНПК «30 лет независимости Республики Казахстан: Успехи независимости» (КАУ). Алматы, 2021, с.60-62

5. Шалабаева М. Х. Особенности реагирования на железнодорожные аварийные ситуации, сопровождающиеся экологическим ущербом. XXI МНТК «Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике». Пенза, 2021, с. 239-242

6. Шалабаева М. Х., Абуова А. Модель процессов восстановления безопасного состояния системы «окружающая среда-аварийный объект». Вестник Павлодарского государственного университета им. С.Торайгырова. Наука и техника Казахстана. – № 2 (2021). – С.173-182. ISSN 2788-8770

7. Akhmetov B., Lakhno V., Blozva A., Shalabayeva M., Abuova A. Skladannyi P., Sagyndykova Sh. Development of a mobile automated air quality monitoring system for use in places of technogenic accidents on railway transport

8. Ахметов Б. С., Лахно В.А., Шалабаева М. Х., Алимсеитова Ж.К., Абуова А. К. Сапаны мониторингілеудің мобильді автоматтандырылған жүйесін жасау. Вестник КазАТК им.М.Тынышпаева № 4 (123), 2022. с.235-244

9. Ахметов Б. С., Лахно В.А., Блозва А.И., Шалабаева М. Х., Абуова А.К. Мобильная автоматизированная система мониторинга качества воздуха. XIII Всеукраинская ННК «Состояние и совершенствование безопасности информационно-телекоммуникационных систем». Коблево, 2021, с.49-50

10. Шалабаева М.Х. Разработка и реализация мобильной автоматизированной системы мониторинга качества воздуха (МАСМКВ) для применения в местах техногенных аварий на железнодорожном транспорте .

МНПК «Современные информационные и коммуникационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании». Днепр, 2021, с. 41

11. Mazin Al Hadidi, Shalabayeva M. Automated system for monitoring air quality in railway accident sites. МНПК «Современные информационные и коммуникационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании». Днепр, 2022, с. 54

12. Blozva A., Kydyralina L.M., Matus Y.V. Osypova T.Y. Sauanova K. , Brzhanov R.T., Shalabayeva M. Iot devices integration and protection in available infrastructure of a university computer network. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2021. Vol. 99, № 8. P.1820-1833

13. Valerii Lakhno, Maira Shalabayeva, Olena Kryvoruchko, Alona Desiatko, Vitaliy Chubaievskiy, Zhibek Alibiyeva. Hardware-Software Complex for Predicting the Development of an Ecologically Hazardous Emergency Situation on the Railway. Journal of Electronics and Telecommunications. 2023, VOL. 69, NO. 4, PP. 707-712. DOI: 10.24425/ijet.2023.147691

14. Ахметов Б. С., Лахно В.А., Шалабаева М. Х. Темір жолдағы апатты жағдайларға ден қою үшін компьютерлік қолдау көрсету. «Вестник КазАТК» № 2 (131), 2024. с.385-392 (ISSN 1609-1817, ISSN Online 2790-5802, DOI 10.52167/1609-1817)

15. Абуова А. К., Шалабаева М. Х. Модель процессов восстановления безопасного состояния системы «окружающая среда-аварийный объект». СБОРНИК ТРУДОВ Международной научно-практической конференции «Транспортный потенциал Казахстана: истоки и перспективы», посвященной 80-летию государственного деятеля Н.К.Исингарина. Алматы: Академия логистики и транспорта, 2021, с.180-183