

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ПО МОНИТОРИНГУ ВЫБРОСОВ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ

Васильев Р.В.¹

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, загрязнение окружающей среды, уровень опасности, контроль.

Аннотация

Цель работы: провести сравнительный анализ функциональности современных программных решений, предназначенных для мониторинга выбросов аварийно химически опасных веществ (АХОВ).

Метод исследования: аналитический метод.

Результаты исследования: проведен анализ ряда программных продуктов для мониторинга выбросов АХОВ с учетом их функциональных возможностей, интеграции с аппаратным обеспечением, удобства интерфейса, масштабируемости, поддержки стандартов и эффективности применения на практике.

DOI: 10.24412/1994-1404-2025-4-135-142

Введение

На сегодняшний день проблема промышленной безопасности, экологического контроля и минимизации риска техногенных катастроф приобретает все большую актуальность. Производство, транспортировка и использование аварийно химически опасных веществ (АХОВ) в виде хлора, аммиака, сернистого ангидрида и др., сопровождаются риском случайных выбросов, представляющих угрозу для здоровья людей и окружающей среды. Независимо от масштабов предприятия и отрасли, обеспечение эффективного мониторинга выбросов АХОВ становится одной из ключевых задач для предприятий, государственных структур и организаций, обеспечивающих экологическую безопасность.

Мониторинг выбросов осуществлялся с помощью стационарных постов или мобильных лабораторий. Однако прогресс в области информационных технологий обусловил появление современных программных решений, способных автоматически собирать, обрабатывать и анализировать данные в реальном времени, моделировать сценарии распространения загрязнений и оповещать ответственных лиц о превышении ПДК. Программные комплексы разрабатываются с учетом специфики различных объектов, параметров контролируемых веществ и требований законодательства в области промышленной безопасности и охраны окружающей среды [1, 2].

Проблема заключается в том, что рынок программных решений для мониторинга выбросов АХОВ чрезвычайно разнообразен: существует множество отечественных и зарубежных продуктов, отличающихся по функциональности, алгоритмам обработки информации, степени интеграции с аппаратурой и информационными системами, удобству пользовательского интерфейса, наличию инструментов моделирования, модулей автоматического оповещения и многим другим аспектам. От выбора конкретного программного продукта зависят эффективность предотвращения инцидентов, сокращение временных затрат на принятие решений, а также соответствие нормативным требованиям [3]. Ввиду этого, существует острая потребность в объективном сравнительном анализе функциональности существующих программных решений, применяемых для мониторинга выбросов АХОВ. Анализ должен учитывать как технические характеристики, так и практические аспекты внедрения, обслуживания и эксплуатации подобных систем. Это позволит оптимизировать процесс выбора программного обеспечения для предприятий различных отраслей и повысить общий уровень экологической и промышленной безопасности.

¹ **Васильев Роман Викторович**, старший преподаватель кафедры безопасности в ЧС Уральского института ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, Российская Федерация.

E-mail: VasilevRV01@yandex.ru

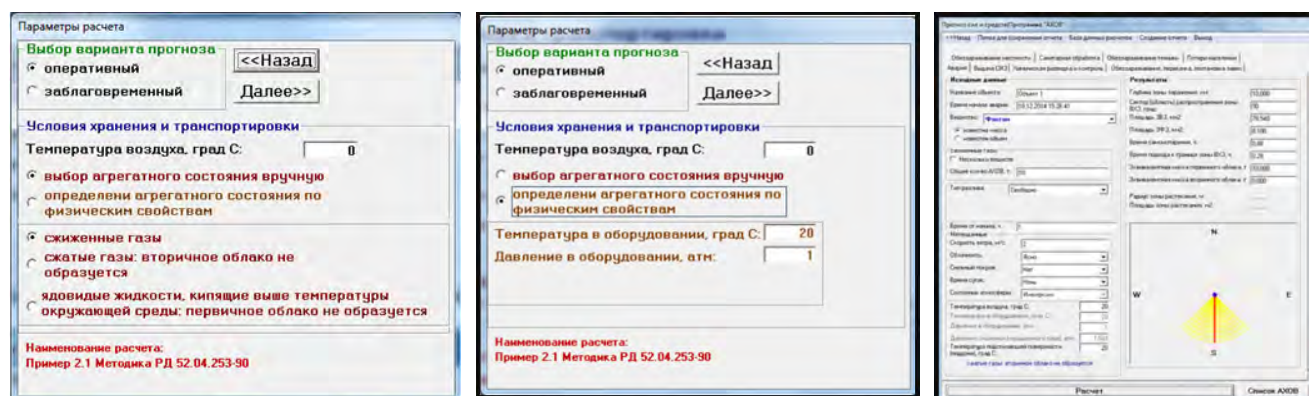


Рис. 1. Программа прогнозирования зон возможного химического заражения, сил и средств ликвидации при аварии с АХОВ — «АХОВ»

Обсуждение

Несмотря на наличие большого выбора программных продуктов, мы сталкиваемся с рядом проблем при выборе и внедрении систем мониторинга выбросов АХОВ. Одна из главных проблем — отсутствие унифицированных критериев сравнения функционала различных программных решений. Часто выбор осуществляется исключительно на основе коммерческих предложений или отзывов, не всегда учитывающих реальные эксплуатационные характеристики и потребности конкретного производственного объекта.

В результате внедряются либо избыточно сложные и дорогостоящие системы, которые не используются в полном объеме, либо, напротив, недостаточно функциональные решения, не способные обеспечить требуемый уровень контроля. Такие ошибки приводят к снижению эффективности мониторинга, увеличивают время реагирования на инциденты и даже могут повлечь за собой экологические и экономические потери.

Еще одним значимым вопросом является интеграция новых программных продуктов с существующей инфраструктурой мониторинга и автоматизации, а также обеспечение их соответствия международным стандартам и национальному законодательству. Помимо этого, важную роль играют аспекты масштабируемости, защищенности данных, пользовательской поддержки и возможности обновления программного обеспечения.

Современные программные решения могут существенно различаться по архитектуре — от облачных платформ до локальных серверных комплексов. При этом оптимальный выбор зависит не только от технических возможностей предприятия, но и от специфики контролируемых АХОВ, доступных средств измерения, географических особенностей размещения объектов, а также квалификации персонала, взаимодействующего с данной системой.

В настоящее время программные продукты по определению выброса АХОВ разрабатываются на основании

требованиям методики РД 52.04.253-90². К одной из таких программ можно отнести «Программу прогнозирования зон возможного химического заражения, сил и средств ликвидации при аварии с АХОВ — «АХОВ»³. Данная программа может использоваться как для решения отдельных задач по определению и оценке химической обстановки при подготовке стандартных документов (разделы ИТМ ГО и ЧС), декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов, ПЛАС, так и при разработке планов мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций для защиты сотрудников химически опасных предприятий и населения, проживающего рядом с ними (рис. 1).

Согласно данным Г.Г. Шагова, В.Л. Шимитило и Т.В. Усачевой, внедрение современных систем мониторинга метеорологических параметров позволяет оперативно получать высокоточные данные практически в реальном времени, что обеспечивает необходимую достоверность при моделировании зон распространения аварийно-химически опасных веществ. Это особенно актуально при оценке вклада различных источников выбросов, например, литейных цехов машиностроительных предприятий, в общее загрязнение атмосферы, как показано в работе А.М. Лазаренкова, где количественно определено долевое участие участков литейных производств в формировании загрязнений в прилегающих территориях. Интеграция таких систем мониторинга с расчетами рассеивания позволяет су-

² Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. URL: <https://05.mchs.gov.ru/deyatelnost/napravleniya-deyatelnosti/grazhdanskaya-zashchita/7-organizaciya-meropriyatiy-radiacionnoy-himicheskoy-i-biologicheskoy-zashchity-naseleniya-i-territoriy/7-2-metodicheskie-rekomendacii-po-realizacii-zadach-i-funkcij/metodika-prognozirovaniya-masshtabov-zarazheniya-silnodeystviyushchimi-yadovityimi-veshchestvami-pri-avariyah-razrusheniyah-na-himicheskii-opasnyh-obektah-i-transporte>

³ Свидетельство о регистрации №2022611211 «АХОВ», выдано Федеральной службой по интеллектуальной собственности (Роспатент), дата регистрации: 21.01.2022. URL: <https://titan-optima.com/programm/ahov/index.htm>

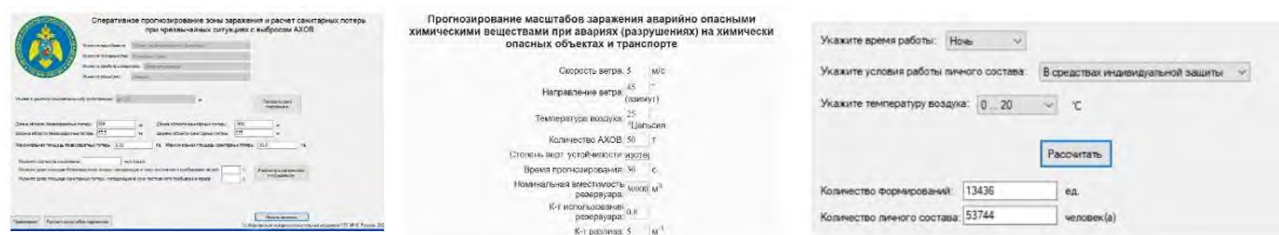


Рис. 2. Программа «Оперативное прогнозирование зоны заражения и расчет санитарных потерь при чрезвычайных ситуациях с выбросом АХОВ»

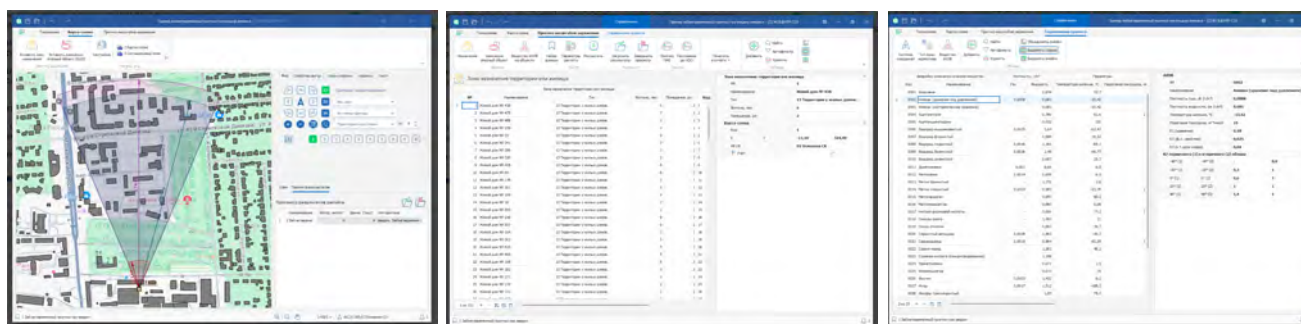


Рис. 3. Программа «Прогноз масштабов заражения»

щественно повысить точность анализа и прогнозирования экологических рисков [4, 5].

Еще к данным продуктам можно отнести программу «Оперативное прогнозирование зоны заражения и расчет санитарных потерь при чрезвычайных ситуациях с выбросом АХОВ» (рис. 2).

Как отмечают Е.С. Титова, К.В. Жиганов, О.Г. Зейнетдинова, П.В. Данилов, использование данной программы сыграет важную роль для принятия обоснованных решений органами управления и позволит не только повысить эффективность прогнозирования химической и медицинской обстановки на этапе заблаговременного планирования, но и оперативно уточнять фактическую ситуацию при возникновении химической аварии, определяя зоны риска для населения и объем необходимых защитных и медицинских мероприятий. Также это способствует более точному определению потребности в силах и средствах для ликвидации медико-санитарных последствий таких инцидентов [6].

Программа «Прогноз масштабов заражения» позволяет выполнить заблаговременный и оперативный прогноз масштабов заражения на случай выбросов аварийно химически опасных веществ (АХОВ) в окружающую среду при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах (ХОО) и транспорте в соответствии с СП 165.1325800.2014⁴. Данная Программа позволяет отобразить дороги и маршруты эвакуации

согласно прогнозным сценариям. Формируется перечень объектов, число жителей и жилищ, попадающих в зону возможного заражения, рассчитывается время подхода заражённого облака к зонам назначения (рис. 3).

А.Э. Бойкова, О.И. Седяров для наглядности провели расчет с применением данной программы с влиянием метеоусловий на масштабы заражения при утечке СДЯВ. Результаты работы показали, что в условиях положительных температур (+30°C) степень вертикальной устойчивости атмосферы стало конвекция. При температуре окружающей среды -30°C с учетом снежного покрова, степень вертикальной устойчивости атмосферы — изотермия [7].

Программа «Прогнозирование масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте» позволяет выполнять прогнозирование масштабов зон заражения при авариях на технологических емкостях и хранилищах, при транспортировке железнодорожным, трубопроводным и другими видами транспорта, а также в случае разрушения химически опасных объектов (рис. 4).

Модуль «Химическое заражение при аварии с участием химически опасных веществ «АХОВ» (рис. 5) позволяет осуществлять прогнозирование масштабов возможного химического заражения при авариях на технологических емкостях и хранилищах, при транспортировке железнодорожным, трубопроводным и другими видами транспорта, а также в случае разрушения химически опасных объектов.

⁴ Прогноз масштабов заражения. URL: <https://eco-c.ru/ecology/программы-для-экологов/прогноз-масштабов-заражения/>

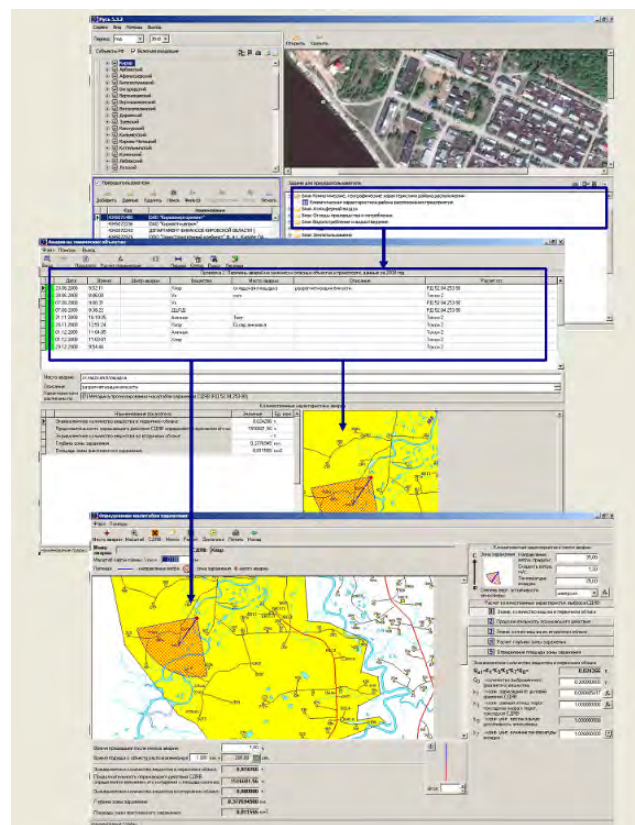
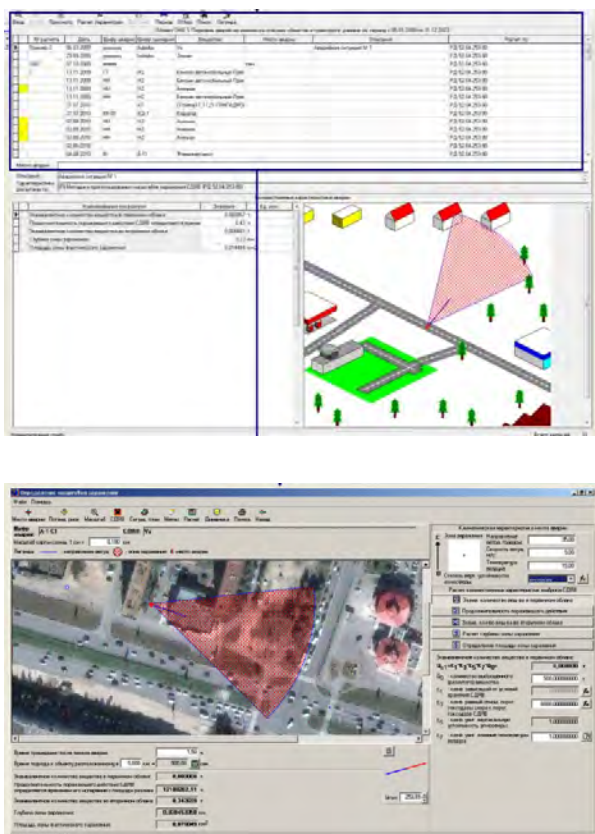


Рис. 4. Программа «Прогнозирование масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте»

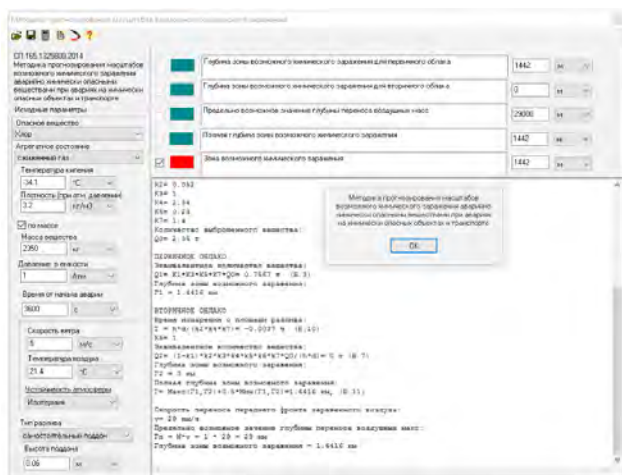


Рис. 5. Модуль «Химическое заражение при аварии с участием химически опасных веществ»

Исходные данные рассматриваемого модуля включают характеристики опасного вещества, его параметры в резервуаре, длительность воздействия, погодные условия и вид аварийного разлива. Модуль расчета обеспечивает возможность:

- вычислять эквивалентное количество АХОВ, оказывающее влияние в сформированном вторичном облаке;
- определять длительность воздействия опасных химических веществ на поражаемую территорию;

- оценивать протяжённость зоны потенциального химического загрязнения при возникновении аварии на объекте с АХОВ;
- проводить расчёт глубины зоны химического заражения в случае разрушения объекта вследствие применения штатных поражающих средств или крупных чрезвычайных происшествий;
- отображать на ситуационных схемах размеры и границы возможной зоны поражения при аналогичных аварийных сценариях⁵.

Программа «Прогнозирование обстановки при авариях, связанных с выбросом АХОВ» (рис. 6), предназначена для прогнозирования обстановки при разрушении химически опасного объекта [8].

Для корректного и объективного сравнительного анализа программных решений по мониторингу выбросов АХОВ необходимо определить основные критерии, по которым осуществляется оценка и сопоставление функциональности различных систем. Далее проводится детальное рассмотрение функциональных возможностей, а также анализируется опыт внедрения конкретных программных продуктов на практике.

⁵ Модуль «Химическое заражение при аварии с участием химически опасных веществ». URL: <https://toxi.ru/produkty/moduli-toxirisk-5/modul-ahov-modul-himicheskoe-zarazhenie-pri-avarii-s-uchastiem-himicheskii-opasnyh-veshchestv>

Исходные данные

Вещество:

Состояние:

Количество выброшенного (разлившегося) при аварии АХОВ, т:

Характер разлива:

Время, прошедшее после аварии, ч:

Расстояние до объекта экономики, км:

Время суток:

Температура воздуха, °C:

Скорость ветра, м/с:

Облачность:

Снежный покров: ☐

Состояние атмосферы:

Рис. 6. Программа «Прогнозирование обстановки при авариях, связанных с выбросом АХОВ»

М.К. Макушева, С.И. Спиридонов и др. в ходе проведенного обзора и сравнительного анализа программных средств для прогнозирования радиационного воздействия на население при нормальной и аварийной эксплуатации АЭС выделяют основные критерии оценки качества и эффективности подобных программ, включая доступность, состав расчетных модулей, удобство интерфейса, ресурсоемкость и поддерживаемые платформы. Оптимальным применением признан программный пакет CROM для штатной эксплуатации и система RODOS для чрезвычайных ситуаций, что обусловлено их соответствием функциональным требованиям и особенностями моделирования дозовых нагрузок. Ученые подчеркивают важность комплексного подхода к оценке вклада радионуклидов в облучение населения как при плановых, так и аварийных выбросах, с использованием современных расчетных моделей и актуальных параметров для конкретных регионов. Кроме того, при разработке и внедрении радиоэкологических программ требуется интеграция данных по выбросам, учет сценариев развития событий и адаптация расчетных инструментов к региональным условиям для повышения достоверности прогнозов [9].

Для объективного сравнения программных решений по мониторингу выбросов АХОВ были выделены следующие основные критерии:

- Функциональные возможности (набор реализованных задач: автоматическое получение данных, визуализация, моделирование распространения, оповещение и др.).
- Интеграция с аппаратным обеспечением (совместимость с газоаналитическими системами, датчиками, метеостанциями).
- Поддержка международных и национальных стандартов.
- Моделирование и прогнозирование (возможности расчета сценариев аварий, определение зон поражения).
- Удобство пользовательского интерфейса и визуализации данных.

- Возможность автоматического оповещения и формирования отчетности.
- Масштабируемость и гибкость настройки (подстройка под структуру предприятия, наличие модульности).
- Информационная и кибербезопасность.
- Возможности поддержки, обновления и технической помощи.

Любой программный комплекс требует адаптации под конкретное предприятие: подключения существующих источников данных, доработки отчетных форм под определенные требования (настройки алгоритмов уведомления). Важен выбор платформы с открытым API и поддержкой стандартизированных протоколов передачи данных. Эксплуатационные издержки включают обновление программного обеспечения, обучение персонала, возможные затраты на интеграцию и сопровождение, обновление нормативных методик в расчетных модулях. Важен фактор доступности технической поддержки на русском языке если применяется продукт зарубежного производства.

Заключение

В результате проведенного анализа программных решений для мониторинга выбросов АХОВ можно отметить, что современные программные продукты, разрабатываемые для этих задач, обладают широким функционалом и способны существенно повысить уровень безопасности на химически опасных объектах. Ключевыми преимуществами современных систем являются автоматизация сбора и анализа данных, возможность оперативного моделирования сценариев распространения АХОВ, интеграция с метеостанциями и газоаналитическим оборудованием, а также наличие инструментов визуализации и автоматического оповещения ответственных лиц.

Тем не менее практическое внедрение подобных программных комплексов сопровождается рядом сложностей. В первую очередь, это отсутствие уни-

версальных стандартов по функционалу и формату данных, различный уровень интеграции с аппаратной частью, необходимость обучения персонала и доработки программ под специфические требования предприятия. Многие программные продукты нуждаются в адаптации к существующим информационным системам, корректировке алгоритмов уведомления, а также доработке отчетных форм. Важным аспектом является обеспечение информационной и кибербезопасности передаваемых и хранимых данных, а также наличие эффективной службы технической поддержки.

По результатам анализа установлено, что выбор программного обеспечения для мониторинга выбросов АХОВ следует строить на основе комплексной многоуровневой оценки, включающей не только сравнение заявленного функционала, но и учет специфики объекта, оценку совокупных затрат на внедрение и сопровождение, совместимость с аппаратурой и возможность актуализации расчетных методик. Особенно ценными являются платформы, поддерживающие открытый API и стандартные протоколы обмена данными, что облегчает интеграцию и расширение системы в дальнейшем.

Литература

1. Матвеев Ю.Н. Автоматизированная система поддержки принятия решений для прогнозирования процессов рассеивания химически опасных веществ / Ю.Н. Матвеев, Л.О. Чернышев // Программные продукты и системы. 2021. № 2. С. 307-315. DOI 10.15827/0236-235X.134.307-315.
2. Папаев П.Л. Ячеечно-нейросетевая система компьютерного анализа последствий аварийного загрязнения атмосферы химическими производствами: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Папаев Павел Леонидович. Москва, 2018. 226 с.
3. Автоматизированная система поддержки принятия решений по ликвидации чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах / Э.М. Соколов, В.М. Панарин, А.А. Горюнкова [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2011. № 1(35). С. 10.
4. Шагов Г.Г. Применяемые технологии для прогнозирования зон заражения при чрезвычайных ситуациях, связанных с выбросом и распространением аварийно-химически опасных веществ / Г.Г. Шагов, В.Л. Шимитило, Т.В. Усачева // Современные проблемы обеспечения безопасности: сборник материалов XXVI Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 24—25 апреля 2024 года. Екатеринбург: Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 2024. С. 200-204.
5. Лазаренков А.М. О масштабах загрязнения окружающей среды выбросами литейного производства / А.М. Лазаренков // Литейное производство. 2020. № 7. С. 31-34.
6. Прогнозирование медико-санитарных последствий химических аварий при чрезвычайных ситуациях с выбросом аварийно-химически опасных веществ / Е.С. Титова, К.В. Жиганов, О.Г. Зейнетдинова, П.В. Данилов // Актуальные вопросы пожаротушения: сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 26 мая 2023 года. Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2023. С. 132-136.
7. Бойкова А.Э. Методы прогнозирования масштабов загрязнения территории при авариях на химически опасных объектах и транспорте / А.Э. Бойкова, О.И. Седяров // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2021): Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием, Москва, 12—15 апреля 2021 года. Часть 5. Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», 2021. С. 29-32.
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017612403 Российская Федерация. Прогнозирование обстановки при авариях, связанных с выбросом АХОВ : № 2016664152: заявл. 23.12.2016 : опубл. 21.02.2017 / В.В. Бушланов, С.М. Мурзин, А.О. Осипчук [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».
9. Сравнительный анализ программных средств для прогнозирования радиоэкологических последствий штатных и аварийных выбросов АЭС для населения / М.К. Мукушева, С.И. Спиридонов, Р.А. Микаилова, А.В. Топорова // Вестник НЯЦ РК. 2024. № 1. С. 89-95. DOI 10.52676/1729-7885-2024-1-89-95.

ANALYSIS OF THE FUNCTIONALITY OF SOFTWARE PRODUCTS FOR MONITORING EMISSIONS OF EMERGENCY CHEMICALLY HAZARDOUS SUBSTANCES

Vasiliev R. V.⁶

Keywords: emergency, environmental pollution, level of danger, control.

Abstract

The purpose of the work is to conduct a comparative analysis of the functionality of modern software solutions designed to monitor emissions of emergency chemically hazardous substances.

Research method: analytical method.

Results of the study: an analysis of a number of software products for monitoring emissions of hazardous chemicals was carried out, taking into account their functionality, integration with hardware, interface convenience, scalability, support of standards and efficiency of application in practice.

References

1. Matveev Ju.N. Avtomatizirovannaja sistema podderzhki prinjatija reshenij dlja prognozirovanija processov rasseivaniya himicheski opasnyh veshhestv / Ju.N. Matveev, L.O. Chernyshev // Programmnye produkty i sistemy. 2021. № 2. S. 307-315. DOI 10.15827/0236-235X.134.307-315.
2. Papaev P.L. Jacheechno-nejrosetevaja sistema komp'juternogo analiza posledstvij avarijnogo zagrjaznenija atmosfery himicheskimi proizvodstvami: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskix nauk / Papaev Pavel Leonidovich. Moskva, 2018. 226 s.
3. Avtomatizirovannaja sistema podderzhki prinjatija reshenij po likvidacii chrezvychajnyh situacij na himicheski opasnyh ob#ektah / Je.M. Sokolov, V.M. Panarin, A.A. Gorjunkova [i dr.] // Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti. 2011. № 1(35). S. 10.
4. Shagov G.G. Primenjaemye tehnologii dlja prognozirovanija zon zarazhenija pri chrezvychajnyh situacijah, svjazannyh s vybrosom i rasprostraneniem avarijno-himicheski opasnyh veshhestv / G.G. Shagov, V.L. Shimitilo, T.V. Usacheva // Sovremennye problemy obespechenija bezopasnosti: sbornik materialov XXVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Ekaterinburg, 24—25 aprelja 2024 goda. Ekaterinburg: Ural'skij institut Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MChS Rossii, 2024. S. 200-204.
5. Lazarenkov A.M. O masshtabah zagrjaznenija okružhajushhej sredy vybrosami litejnogo proizvodstva / A.M. Lazarenkov // Litejnoe proizvodstvo. 2020. № 7. S. 31-34.
6. Prognozirovanie mediko-sanitarnyh posledstvij himicheskix avarij pri chrezvychajnyh situacijah s vybrosom avarijno-himicheski opasnyh veshhestv / E.S. Titova, K.V. Zhiganov, O.G. Zejnetdinova, P.V. Danilov // Aktual'nye voprosy požarotushenija: sbornik materialov III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Ivanovo, 26 maja 2023 goda. Ivanovo: Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovanija «Ivanovskaja požarno-spasatel'naja akademija Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby Ministerstva Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij», 2023. S. 132-136.
7. Bojkova A.Je. Metody prognozirovanija masshtabov zagrjaznenija territorii pri avarijah na himicheski opasnyh ob#ektah i transpore / A.Je. Bojkova, O.I. Sedljarov // Innovacionnoe razvitie tehniki i tehnologij v promyshlennosti (INTEKS-2021): Sbornik materialov Vserossijskoj nauchnoj konferencii molodyh issledovatelej s mezhdunarodnym uchastiem, Moskva, 12—15 aprelja 2021 goda. Čast' 5. Moskva: Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovanija «Rossijskij gosudarstvennyj universitet imeni A.N. Kosygina (Tehnologii. Dizajn. Iskusstvo)», 2021. S. 29-32.
8. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2017612403 Rossijskaja Federacija. Prognozirovanie obstanovki pri avarijah, svjazannyh s vybrosom AHOV : № 2016664152: zjajavl. 23.12.2016 : opubl.

⁶**Roman V. Vasiliev**, Senior Lecturer, Department of Emergency Safety, Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Yekaterinburg, Russian Federation.
E-mail: VasilevRV01@yandex.ru

21.02.2017 / V.V. Bushlanov, S.M. Murzin, A.O. Osipchuk [i dr.]; заявитель Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovanija «Ural'skij institut Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby Ministerstva Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij».

9. Sravnitel'nyj analiz programmnyh sredstv dlja prognozirovanija radiojekologicheskikh posledstvij shtatnyh i avarijnyh vybrosov AJeS dlja naselenija / M.K. Mukusheva, S.I. Spiridonov, R.A. Mikailova, A.V. Toporova // Vestnik NJaC RK. 2024. № 1. S. 89-95. DOI: 10.52676/1729-7885-2024-1-89-95.