

Цифровая трансформация в сфере промышленной безопасности, линейка российских программных продуктов TOXI+



А.С. Софин,
канд. техн. наук,
зав. отделом



С.А. Буйновский,
директор по информационным
технологиям,
s.buinovsky@safety.ru



А.Л. Марухленко,
канд. техн. наук, науч.
сотрудник



В.К. Шалаев,
д-р техн. наук, директор
по нормативам

ЗАО НТЦ ПБ, Москва, Россия

В статье обсуждаются основные мировые тенденции и основы государственной политики в области цифровых технологий. В качестве примера их практической реализации представлено описание назначения и основных возможностей программных продуктов линейки TOXI+ (TOXI+Risk 5, TOXI+Гидроудар, TOXI+Прогноз, TOXI+HAZOP), разрабатываемых ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности».

Ключевые слова: цифровая трансформация, промышленная безопасность, оценка последствий аварий, рассеяние опасных веществ, взрыв облака, топливно-воздушная смесь, пожарный риск, риск аварий, серия TOXI+, TOXI+Risk, TOXI+Прогноз, TOXI+Гидроудар, TOXI+HAZOP, программные средства.

Для цитирования: Софин А.С., Буйновский С.А., Марухленко А.Л., Шалаев В.К. Цифровая трансформация в сфере промышленной безопасности, линейка российских программных продуктов TOXI+// Безопасность труда в промышленности. — 2020. — № 9. — С. 36–42. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-9-36-42

Введение

Стремительное развитие информационных технологий затрагивает все сферы текущей жизнедеятельности. Современный смартфон по производительности и функционалу уже является альтернативой персональному компьютеру, он способен выполнить подавляющее большинство повседневных задач, связанных с учетом и обработкой данных, при этом спокойно помещается в карман.

Развитие отечественных технологий и программного обеспечения долгое время нельзя было назвать лидирующим или стремительным. Существенным толчком в развитии именно отечественных разработок стала изменившаяся геополитическая обстановка в мире. В обиход прочно вошли слова «цифровизация», «импортозамещение», «отечественное программное обеспечение». Изменились акценты и терминология, но неизменной осталась суть процесса, которая, как раньше, так и сейчас, сводится к тому, чтобы облегчить, автоматизировать и сделать более эффективным труд человека за счет применения вычислительной техники и сред распростране-

ния информации. С точки зрения промышленной безопасности это означает повышение безопасности производственных процессов для персонала предприятий и населения, проживающего или находящегося в опасной близости от производственных объектов.

Современный уровень развития сред передачи данных и достигаемые в них скорости позволяют практически мгновенно доставлять большие объемы информации в любую точку земного шара, а значит, и скорость реагирования может быть очень высокой, что в свою очередь способно привести к минимизации последствий развития промышленных аварий или же их предотвращению. Разработка и внедрение специализированных программных средств и программно-аппаратных комплексов, способных решать сразу целый спектр задач в реальном времени (мониторинг состояния оборудования; прогнозирование возможных последствий аварий, зон поражения, направления выброса опасных веществ (ОВ); расчет рисков, связанных с выходом из строя тех или иных узлов и агрегатов по отдельности или в зависимых

группах, и многое другое), способны существенно повысить уровень промышленной безопасности. Подобные системы позволяют обеспечить взаимодействие различных узлов предприятия и мониторинг не только их текущего состояния, но и объекта в целом, а также вести сбор показателей и сохранять их в виде баз данных с дальнейшим анализом в любых необходимых выборках данных. Соединение нескольких систем в единые комплексы позволяет создать сеть мониторинга и реагирования, которая может иметь объектовый, региональный или федеральный уровни. Конечно, в таком случае возникают риски, связанные с информационной безопасностью и защитой подобных систем, но эта область информационных технологий развивается синхронно с возрастающим числом и сложностью угроз.

Указанные процессы и возможности находят отражение в государственной политике Российской Федерации (РФ). Так, в послании Президента РФ Федеральному Собранию [1], прозвучавшем 15 января 2020 г., среди прочего было несколько раз отмечено: «Сегодня скорость технологических изменений в мире многократно возрастает, и мы должны создать собственные технологии и стандарты по тем направлениям, которые определяют будущее. Речь прежде всего об искусственном интеллекте, генетике, новых материалах, источниках энергии, цифровых технологиях... Надо поддерживать высокотехнологичный экспорт и, безусловно, расширять спрос на инновации внутри самой страны. В этой связи считаю правильным ускорить цифровую трансформацию реального сектора экономики. При этом установить требование, чтобы национальные проекты осуществлялись главным образом на основе программных продуктов отечественного производства».

Специалисты закрытого акционерного общества «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности» (далее — ЗАО НТЦ ПБ) около 30 лет занимаются научными исследованиями и разработками специализированных программных продуктов в области промышленной безопасности, за это время накоплен большой опыт создания таких систем и интеграции их в информационные инфраструктуры предприятий. Стоит отметить, что ЗАО НТЦ ПБ ступило на этот путь задолго до того, как это стало мейнстримом, и на протяжении всего времени разработка была и остается инициативной и выполняется без участия государственного финансирования. Специализированные программные продукты серии ТОХИ+ способны ответить на вызовы современности в области промышленной безопасности по двум основным направлениям.

1. Автоматизация вычислений и подготовки разделов документации, необходимой в течение жизненного цикла опасных производственных объектов (ОПО) при:

обосновании проектных решений производственных объектов;

разработке деклараций промышленной и пожарной безопасности;

разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации аварийных ситуаций;

разработке инженерно-технических мероприятий гражданской обороны в чрезвычайных ситуациях;

разработке мероприятий по защите персонала и населения от возможных аварий;

оценке воздействия аварийных выбросов ОВ на окружающую среду;

расчетах пожарного риска;

количественном анализе риска аварий на ОПО;

разработке специальных технических условий;

разработке обоснований безопасности ОПО;

оценке взрывоустойчивости зданий и сооружений;

обязательном страховании ответственности владельцев ОПО;

проведении качественного анализа опасностей и работоспособности (АОР, наименование на английском — HAZOP — Hazard and Operability Analysis);

проведении иных процедур, связанных с оценкой последствий выбросов ОВ.

К указанному направлению относятся программный комплекс (ПК) ТОХИ+Risk 5 [2, 3] и программные средства ТОХИ+Гидроудар [4, 5], ТОХИ+HAZOP [6].

2. Прогнозирование и оперативная оценка ситуации в области обеспечения химической безопасности в целях повышения обоснованности принятия управленческих решений при возникновении аварии с выбросом токсичных и взрывопожароопасных веществ в окружающую среду. Данное направление представляет ПК ТОХИ+Прогноз [7].

Ниже рассмотрены основные возможности перечисленных программных продуктов.

Программный комплекс ТОХИ+Risk 5

Программный комплекс ТОХИ+Risk 5 предназначен для автоматизации выполнения расчетных работ и подготовки документации, связанных с оценкой последствий аварий и расчетом показателей риска, в том числе и пожарного. В настоящее время он базируется на основе 26 расчетных методик Ростехнадзора, МЧС России, Росгидромета, отраслевых стандартов ПАО «Газпром» и ПАО «Транснефть» и прошел добровольную сертификацию на соответствие этим документам [8]. Перечень документов представлен на сайте [2].

Перечень задач (основные возможности ПК ТОХИ+Risk 5), которые могут быть решены с его помощью, приведен в таблице.

Помимо актуализации, для обеспечения соответствия изменяющейся нормативной базе в ПК вносятся улучшения и добавляются новые функции. Одной из таких функций стала возможность формирования «паспорта расчетов». Файл «паспорта расчетов» уникален и имеет защиту от внесения любых изменений посредством шифрования ли-

Решаемая задача	Расчетные параметры
Оценка параметров аварийного поступления ОВ в окружающую среду	
Оценка параметров аварийного поступления ОВ из оборудования различного типа	Оценка скорости поступления и количества ОВ, находящегося в газообразном, жидком и сжиженном состоянии, при разгерметизации типового технологического оборудования (отдельно стоящие емкости, трубопроводы, на входе которых установлен насос или емкость, технологические и магистральные газопроводы, газовые скважины)
Оценка распространения опасных факторов аварии	
Моделирование рассеяния ОВ в атмосфере (по моделям «тяжелого» и «легкого» газов) при аварийных выбросах из емкостного оборудования и трубопроводов	Оценка количества ОВ, поступившего в атмосферу при различных сценариях аварии. Моделирование процесса рассеяния ОВ в открытом пространстве, в том числе высокоскоростных струй газа. Оценка размеров зон загазованности. Оценка взрывоопасной массы горючего в облаках топливно-воздушных смесей (ТВС) и их перемещения (дрейфа) с учетом времени, прошедшего с начала выброса. Расчет смещения центра облака ТВС с учетом дрейфа под действием ветра
Моделирование последствий взрывов ОВ	Оценка параметров воздушных ударных волн (избыточного давления на фронте волны сжатия, импульса, длительности фазы сжатия и разряжения) с учетом загроможденности окружающего пространства, скорости взрывного превращения (детонация, дефлаграция) и фазового состава облака ТВС. Определение зон поражения людей и повреждений зданий и сооружений в результате взрывов облаков ТВС по различным критериям поражения (по избыточному давлению, избыточному давлению и импульсу, вероятностному поражению по пробит-функциям). Оценка параметров воздушных ударных волн при взрывах конденсированных взрывчатых веществ, облаков ТВС по тротиловому эквиваленту, а также при взрывном расширении паров вскипающей жидкости
Расчет последствий теплового воздействия от пожара пролива, огненного шара, струйного горения, пожара-вспышки	Оценка зон поражения открытым пламенем и тепловым излучением, выделяемым при горении ОВ, с учетом детерминированных и вероятностных (пробит-функция) критериев поражения
Расчет зон теплового воздействия стационарных факельных систем	Оценка зон интенсивности теплового излучения с учетом скорости выброса ОВ, конструктивных параметров стационарной факельной системы и скорости ветра
Расчет зон поражения осколками при аварийном разрушении емкостного оборудования и трубопроводов	Расчет баллистической траектории разлета осколков при разрушении надземного и подземного оборудования. Расчет зон вероятностного поражения человека осколками
Расчет показателей риска	
Расчет показателей риска аварий и пожарного риска на территории ОПО и за его пределами	Расчет и визуализация территориального потенциального риска гибели людей. Построение сечений потенциального риска. Расчет коллективного, индивидуального, социального (F/N-диаграмма) риска аварий. Расчет индивидуального пожарного и социального пожарного риска. Оценка максимально возможного количества потерпевших. Оценка возможного числа погибших и пострадавших в результате аварий на ОПО, а также числа людей, попавших в зону действия опасных факторов аварии
Расчет взрывоустойчивости зданий и сооружений	Детерминированный подход к обоснованию взрывоустойчивости зданий и сооружений на основании расчета зон поражения ударной волной при взрыве ТВС. Вероятностный подход к обоснованию взрывоустойчивости зданий и сооружений на основании количественного анализа риска взрыва ТВС. Расчет территориального поля потенциального риска разрушения зданий и сооружений при барическом воздействии в результате взрыва ТВС, построение F/P-диаграмм
Расчет пожарного риска в производственных и непроизводственных зданиях	Определение расчетного времени эвакуации по интегральной аналитической модели движения людского потока. Расчет времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара и показателей пожарного риска в помещении по аналитическим соотношениям для определения критической продолжительности пожара. Оценка показателей пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях с учетом средств оповещения и пожаротушения, а также времени эвакуации людей и блокирования эвакуационных путей
Другие задачи	
Определение категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности	
Расчет свойств природного газа с учетом состава смеси газа и объемной доли компонентов смеси	
Визуализация результатов расчетов на планах местности, выполненных в векторном и растровом форматах (dxf, dwg, bmp, jpg)	
Вывод результатов расчетов в виде отчетов в форматах MS Word и MS Excel	

цензионным ключом пользователя, позволяет получить сводную информацию о проекте TOXI+Risk 5 в разрезе данных о лицензиате, реципиентах риска, метеостатистике, критериях поражающего воздействия, опасного оборудования, сценариев аварии, зон поражения, показателей риска, полей частот негативного воздействия — ударно-волнового, термического поражения. Данный функционал гарантирует использование актуальной версии сертифицированного программного средства и упрощает проведение экспертизы разделов с количественной оценкой риска аварий и пожарного риска.

С 2016 г. ПК TOXI+Risk 5 включен в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных Минкомсвязи России (регистрационный номер 250).

Программное средство TOXI+Гидроудар

Программное средство TOXI+Гидроудар находит применение при обосновании проектных решений в части соответствия требованиям федеральных норм и правил, а также в процессе оценки последствий аварий и количественного анализа риска на ОПО магистральных нефте- и продуктопроводов. Математический аппарат, заложенный в программу, соответствует шести нормативно-методическим документам в области промышленной безопасности, о чем имеет сертификат [9]. С 2016 г. программное средство TOXI+Гидроудар включено в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных Минкомсвязи России (регистрационный номер 2386).

Программное средство TOXI+Гидроудар позволяет моделировать течение жидкости в трубопроводных системах различной конфигурации линейной части с учетом перепада высот трассы, мест расположения и гидравлических характеристик элементов трубопроводной системы, в том числе запорной арматуры, насосов, предохранительных клапанов и т.д. Программа позволяет определить параметры переходных процессов и оценить опасность возможного разрушения трубопровода при закрытии и открытии запорной арматуры, остановки и запуска насосов, а также различных сочетаний данных событий. Востребованной функцией программного средства TOXI+Гидроудар является количественная оценка массы выбросов транспортируемых веществ при аварийной разгерметизации трубопроводов.

Все полученные результаты моделирования (давление, расход, скорость течения и др.) программное средство отображает в виде графиков и диаграмм с поддержкой табличного представления данных. Возможность экспорта в формат MS Excel позволяет прикрепить результаты к документации либо использовать в других программах, в том числе для проведения количественной оценки риска аварий в ПК TOXI+Risk 5.

Программное средство TOXI+HAZOP

Процедура AOP (HAZOP) предполагает проведение сессий в форме «мозгового штурма», в процессе которых группа специалистов под руководством председателя систематически исследует соответствующие части проекта или системы и идентифицирует опасности отклонений технологических параметров (давление, температура и т.п.) от регламентных, используя базовый набор ключевых управляющих слов («меньше», «иначе» и т.п.).

Программное средство TOXI+HAZOP позволяет вести учет использования ключевых слов, выявленных отклонений, причин их возникновения, последствий отклонений, мер защиты, степени критичности, а также рекомендаций в случае недостаточности или отсутствия мер защиты. На основании введенных данных генерируются рабочие и сводные таблицы для подготовки отчета с результатами AOP.

Программный комплекс TOXI+Прогноз

В нормативных документах по промышленной безопасности [10–15], а также указе Президента РФ от 11 марта 2019 г. № 97 [16] фигурируют требования о необходимости разработки и внедрения программного обеспечения для прогнозирования, оперативной оценки ситуации в области обеспечения химической безопасности. В различных документах эти системы прогнозирования приводятся под разными названиями: системы поддержки действий в случае аварии; технические системы, используемые при локализации в целях максимального снижения тяжести последствий аварий при их возникновении; автоматические средства, позволяющие прогнозировать распространение зоны химического заражения за территорию объекта; программное обеспечение для прогнозирования оперативной ситуации в области обеспечения химической безопасности — но смысл их един. Для ОПО, на которых обращаются ОВ, наиболее масштабные аварии связаны с выбросами этих веществ в атмосферу, с их дрейфом и выходом за пределы ОПО. Единственным средством для оценки возможных последствий таких аварий и поддержки принятия решения по минимизации ущерба является прогнозирование методами физико-математического моделирования зон распространения опасных факторов. Именно для решения этой задачи разработана система прогнозирования последствий аварий — ПК TOXI+Прогноз, который позволяет:

оперативно определять размеры зон поражения в результате аварий с участием ОВ, а также количество людей, попавших в них, и передавать информацию о результатах расчетов в сторонние программы, например, в систему оповещения. Длительность расчета одного сценария аварии составляет не более 2–3 мин. Расчеты нескольких сценариев выполняются в параллельном режиме, что несущественно сказывается на общей длительности вычислений.

Рассматриваются сценарии аварии с полным или частичным разрушением оборудования, содержащего ОВ, и образование связанных с ними зон поражения по пороговой и смертельной токсодозе, по вероятности смертельного токсического поражения, по вероятности смертельного поражения в результате горения или взрыва облака ТВС;

визуализировать зоны поражения на планах местности, в том числе с поддержкой векторных форматов;

автоматически запускать сценарии аварии при срабатывании датчиков загазованности либо других внешних сигналов;

учитывать в расчетах данные с метеостанции либо других внешних источников;

учитывать в расчетах параметры технологических процессов, поступающих из внешних систем, например, из автоматической системы управления технологическим процессом;

хранить историю срабатывания датчиков и результаты расчетов, формировать протоколы расчетов в формате PDF;

обеспечивать выполнение требований нормативных документов.

Программный комплекс позволяет интегрироваться с основными системами безопасности и гибко обеспечивать настройку взаимодействия с существующей инфраструктурой ОПО. При внедрении на ОПО ПК ТОХИ+Прогноз дополняется необходимыми компонентами, позволяющими взаимодействовать с узлами и системами предприятия, учитывая их индивидуальные особенности.

Программный комплекс ТОХИ+Прогноз сертифицирован на соответствие шести нормативным и методическим документам Ростехнадзора [17] и включен в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных Минкомсвязи России (регистрационный номер 5785).

Заключение

Представлен обзор программных продуктов, разрабатываемых ЗАО НТЦ ПБ, пользователями которых являются крупнейшие в России проектные, эксплуатирующие и экспертные организации: ПАО «Сибур Холдинг», ПАО «НК «Роснефть», ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Транснефть», АО «Атомпроект», ПАО «НОВАТЭК», ФАУ «Главгосэкспертиза России» и др. Программные продукты линейки ТОХИ+ также предоставляются на безвозмездной основе для использования в учебном процессе. В настоящее время академические лицензии используют 29 высших учебных заведений: МИСиС, МАИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, РХТУ им. Д.И. Менделеева, НГТУ, НИЯУ МИФИ, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина и др.

В ЗАО НТЦ ПБ регулярно проводятся научно-практические семинары по использованию программных продуктов ТОХИ+Risk 5 и ТОХИ+

Гидроудар. Методические наработки и нововведения обсуждаются также в рамках бесплатных научных семинаров «Промышленная безопасность».

В целях подтверждения знаний и навыков пользователей этих программных продуктов существует процедура их аттестации по различным областям. Список аттестованных выкладывается на сайте toxi.ru. Лицам, прошедшим эту процедуру, выдается соответствующий документ. Аттестат пользователя является подтверждением не только умения использовать программное средство, но и знаний нормативных и методических основ оценки последствий аварий с участием опасных веществ и количественной оценки риска в рамках заявленной области.

Подробная информация о программных продуктах и проводимых мероприятиях представлена на портале toxi.ru.

Список литературы

1. *Послание* Президента Федеральному Собранию. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/62582> (дата обращения: 28.02.2020).
2. *Программный комплекс ТОХИ+Risk 5*. Программные средства по промышленной безопасности ТОХИ+. URL: <https://toxi.ru/produkty/programmnyi-kompleks-toxirisk-5> (дата обращения: 27.02.2020).
3. *Использование* программного комплекса ТОКСИ+Risk для оценки пожарного риска/ А.А. Агапов, И.О. Лазукина, А.Л. Марухленко и др.// *Безопасность труда в промышленности*. — 2010. — № 1. — С. 46–52.
4. *Программное средство ТОХИ+Гидроудар*. Программные средства по промышленной безопасности ТОХИ+. URL: <https://toxi.ru/produkty/programmnoe-sredstvo-toxigidroudar> (дата обращения: 27.02.2020).
5. *Сверчков А.М., Сумской С.И.* Верификация программного средства ТОХИ+Гидроудар для моделирования нестационарных процессов в трубопроводах// *Безопасность труда в промышленности*. — 2017. — № 10. — С. 5–10. DOI: 10.24000/0409-2961-2017-10-5-10
6. *Программное средство ТОХИ+HAZOP*. Программные средства по промышленной безопасности ТОХИ+. URL: <https://toxi.ru/produkty/programmnoe-sredstvo-toxihazop> (дата обращения: 27.02.2020).
7. *Программный комплекс ТОХИ+Прогноз*. Программные средства по промышленной безопасности ТОХИ+. URL: <https://toxi.ru/produkty/programmnyi-kompleks-toxiprognoz> (дата обращения: 27.02.2020).
8. *Сертификат* соответствия. Программный комплекс «ТОХИ+Risk 5» № RA.RU.АБ86.Н01149. Программные средства по промышленной безопасности ТОХИ+. URL: https://toxi.ru/uploads/toxi_risk_cert_%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_1.jpg (дата обращения: 27.02.2020).
9. *Сертификат* соответствия. Программа «ТОХИ+Гидроудар» № RA.RU.АБ86.Н01080. Программные средства по промышленной безопасности ТОХИ+. URL: <https://toxi.ru/uploads/image2016-12-14-040657-1.jpg> (дата обращения: 27.02.2020).

10. *О промышленной безопасности опасных производственных объектов*: федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2020. — 56 с.

11. *Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств*: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности. — Сер. 09. — Вып. 37. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2020. — 130 с.

12. *Правила безопасности аммиачных холодильных установок и систем*: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности. — Сер. 09. — Вып. 49. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2019. — 90 с.

13. *Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред*: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности. — Сер. 09. — Вып. 39. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2019. — 118 с.

14. *ПБ 09-579-03. Правила безопасности для наземных складов жидкого аммиака*. — Сер. 09. — Вып. 17. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2019. — 76 с.

15. *Правила безопасности химически опасных производственных объектов*: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности. — Сер. 09. — Вып. 40. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2020. — 76 с.

16. *Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу*: Указ Президента Рос. Федерации от 11 марта 2019 г. № 97. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44066> (дата обращения: 27.02.2020).

17. *Сертификат соответствия*. Программа «ТОХИ+ Прогноз» № RA.RU.AB86.H01162. Программные средства по промышленной безопасности ТОХИ+. URL: https://toxi.ru/uploads/sv_prognoz2.jpg (дата обращения: 27.02.2020).

s.buinovsky@safety.ru

*Материал поступил в редакцию 24 марта 2020 г.
Доработанная версия — 30 июля 2020 г.*

«Bezopasnost Truda v Promyshlennosti»/ «Occupational Safety in Industry», 2020, № 9, pp. 36–42.
DOI: 10.24000/0409-2961-2020-9-36-42

The Digital Transformation of Industrial Safety, the Russian Software Products of TOXI+ Line

A.S. Sofin, Cand. Sci. (Eng.), Department Head

S.A. Buynovskiy, Chief Information Officer,

s.buinovsky@safety.ru

A.L. Marukhlenko, Cand. Sci. (Eng.), Research Associate

V.K. Shalaev, Dr. Sci. (Eng.), Director for Regulatory Documents

STC «Industrial Safety» CJSC, Moscow, Russia

Abstract

The article discusses the main global trends and the foundations of the state policy of the Russian Federation in the field of digital technologies. As an example of their practical implementation, a description of the purpose and main capabilities of the TOXI+software series developed by the Scientific

and Technical Center for Industrial Safety Research CJSC is presented.

TOXI+Risk 5 software package is designed to automate the calculation work and prepare documentation related to assessing the consequences of accidents involving hazardous substances and calculating risk indicators at hazardous production facilities, as well as fire risk. TOXI+Risk 5 is currently based on 26 calculation methods of Rostekhnadzor, EMERCOM of Russia, Roshydromet, industry standards of PJSC Gazprom and PAO Transneft and simulate emergency situations associated with dispersion of clouds of hazardous substances, their combustion or explosion, fire spilled liquids, jet fire, BLEVE et al.

TOXI+Water hammer software allows modelling of fluid flow in pipeline systems of various configurations of the linear part, taking into account the difference in elevation of the route, the location and hydraulic characteristics of the elements of the pipeline system, including shutoff valves, pumps, safety valves and other devices, as well as estimation of the mass of emissions of transported substances during depressurization of pipelines.

TOXI+HAZOP software is designed to automate paperwork during HAZOP sessions.

TOXI+Forecast software is designed to predict and quickly assess the situation in real time in the event of an accident with the release of toxic and (or) explosive hazardous substances into the environment in order to increase the reasonableness of decisions to minimize the consequences of accidents. TOXI+Forecast allows to automate the actions of the dispatcher in an emergency: simulate accident scenarios with the dispersion of hazardous substances in the atmosphere when gas detectors are triggered, taking into account the current weather situation, inform the dispatcher and parties concerned about the forecast results (affected areas on the territory plan, and potentially affected locations attended by people).

Key words: accident assessment, dispersion of hazardous substances, fuel-air mixture cloud explosion, fire risk, accident risk, TOXI+ series, TOXI+Risk, TOXI+Forecast, TOXI+Water hammer, TOXI+HAZOP, software.

References

1. The Presidential Address to the Federal Assembly. Available at: <http://kremlin.ru/events/president/news/62582> (accessed: February 28, 2020). (In Russ.).

2. TOXI+Risk software package 5. TOXI+ Industrial safety software. Available at: <https://toxi.ru/produkty/programmnyi-kompleks-toxirisk-5> (accessed: February 27, 2020). (In Russ.).

3. Agapov A.A., Lazukina I.O., Marukhlenko A.L., Marukhlenko S.L., Sofin A.S. Use of Software Complex TOXI+Risk for Fire Risk Assessment. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2010. № 1. pp. 46–52. (In Russ.).

4. TOXI+Water hammer Software. TOXI+ Industrial safety software. Available at: <https://toxi.ru/produkty/programmnoe-sredstvo-toxidroudard> (accessed: February 27, 2020). (In Russ.).

5. Sverchkov A.M., Sumskey S.I. Verification of TOXI+Water-Hammer Software for Modelling of Non-Stationary Processes in the Pipelines. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occu-*

Occupational Safety in Industry. 2017. № 10. pp. 5–10. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2017-10-5-10

6. TOXI+HAZOP Software. TOXI+ Industrial safety software. Available at: <https://toxi.ru/produkty/programmnoe-sredstvo-toxihazop> (accessed: February 27, 2020). (In Russ.).

7. TOXI+Forecast Software. TOXI+ Industrial safety software. Available at: <https://toxi.ru/produkty/programmnyi-kompleks-toxiprognoz> (accessed: February 27, 2020). (In Russ.).

8. Certificate of conformity of TOXI+Risk 5 № RA.RU.AB86.N01149. TOXI+ Industrial safety software. Available at: https://toxi.ru/uploads/toxi_risk_cert_%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%B0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_1.jpg (accessed: February 27, 2020). (In Russ.).

9. Certificate of conformity of TOXI+Water hammer № RA.RU.AB86.H01080. TOXI+ Industrial safety software. Available at: <https://toxi.ru/uploads/image2016-12-14-040657-1.jpg> (accessed: February 27, 2020). (In Russ.).

10. On industrial safety of hazardous production facilities: Federal Law of July 21, 1997 № 116-FZ. Moscow: ZAO NTTs PB, 2017. 52 p. (In Russ.).

11. General rules of explosion safety for fire and explosion hazardous chemical, petrochemical and oil processing plants: Federal norms and regulations in the field of industrial safety. 3-e izd., ispr. i dop. Ser. 09. Iss. 37. Moscow: ZAO NTTs PB, 2018. 130 p. (In Russ.).

12. The safety rules for ammonia refrigerating units and systems: Federal norms and regulations in the field of industrial safety. Ser. 09. Iss. 49. Moscow: ZAO NTTs PB, 2019. 90 p. (In Russ.).

13. The safety rules for chlorine and chlorine-containing media productions: Federal norms and regulations in the field of industrial safety. Ser. 09. Iss. 39. Moscow: ZAO NTTs PB, 2019. 118 p. (In Russ.).

14. PB 09-579—03. The safety rules for liquid ammonia above-ground storages. Ser. 09. Iss. 17. Moscow: ZAO NTTs PB, 2019. 76 p. (In Russ.).

15. The safety rules for chemically hazardous production facilities: Federal norms and regulations in the field of industrial safety. Ser. 09. Iss. 40. Moscow: ZAO NTTs PB, 2020. 76 p. (In Russ.).

16. On the Basis of state policy of the Russian Federation in the field of chemical and biological safety for the period until 2025 and the further prospects: the Decree of the President of the Russian Federation as of March 13, 2019 № 97. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44066> (accessed: February 27, 2020). (In Russ.).

17. Certificate of conformity of TOXI+Forecast RA.RU.AB86.H01162. TOXI+ Industrial safety software. Available at: https://toxi.ru/uploads/sv_prognoz2.jpg (accessed: February 27, 2020). (In Russ.).

*Received March 24, 2020
In final form — July 30, 2020*

По страницам научно-технических журналов // сентябрь 2020 г.

Сибирский пожарно-спасательный вестник (научно-аналитический журнал)

Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермяков А.А. О скорости распространения теплового импульса для нелинейной задачи теплопроводности продуктов горения на пожаре. — 2020. — № 1.

Проанализированы свойства продуктов горения на пожаре, исходя из основных положений феноменологической теории теплопроводности. Исследованы условия учета нелинейности процесса переноса в решении уравнения энергии. Сформулированы граничные условия решения квазилинейного параболического уравнения теплопроводности с учетом влияния процессов конвективного тепломассопереноса. Проанализировано полученное решение и сделаны необходимые выводы по распространению теплового импульса в продуктах горения при условии их представления неньютоновской жидкостью. Освещена область использования результатов исследования и определено направление дальнейших исследований в данной сфере.

Кропотова Н.А., Легкова И.А. Компетентностная карта выпускника. — 2020. — № 1.

Рассмотрены перспективы применения автоматизированной программы для повышения эффек-

тивности управления процессом подготовки кадров с использованием электронной информационной образовательной среды. Раскрывается понятие «компетентностная карта обучающегося». Предложена автоматизированная программа выведения результатов обучения в двух формах: таблица и диаграмма. Приведены результаты оценки эффективности формирования компетенций обучающихся на примере дисциплины «Охрана труда».

Дупляков Г.С., Елфимова М.В., Пешкова А.В. Анализ протекания аварии, сопровождаемой возникновением пожара, на складах нефти и нефтепродуктов. — 2020. — № 1.

Дана оценка нынешнему состоянию пожаровзрывобезопасности объектов нефтепромышленности Российской Федерации. Представлены результаты анализа последовательности развития аварии, сопровождаемой возникновением пожара и взрыва, на объектах складов нефти и нефтепродуктов: представлена блок-схема развития аварии от инициирующего события до событий по ликвидации аварии; приведен минимально необходимый набор событий для возникновения пожара, взрыва; описана логика работы системы обеспечения пожарной безопасности складов нефти и нефтепродуктов; описаны барьеры безопасности, заложенные в системах обеспечения пожарной безопасности, и последовательность их срабатывания по ходу развития аварии.