

**О соответствии программных средств ТОХИ+Risk 5 и
ТОХИ+Гидроудар новым нормативно-методическим документам
Ростехнадзора и МЧС России**

к.т.н. директор РАЦ А.А. Агапов, д.т.н. директор ЦАР М.В. Лисанов,
к.т.н. зав. отделом А.С. Софьин (ЗАО НТЦ ПБ)

Выполнен обзор изменений нормативно-методических документов Ростехнадзора и МЧС России в области количественной оценки риска, вступивших в силу в период с декабря 2015 по июнь 2016 г. Проведен анализ соответствия программных средств ТОХИ+Risk 5 и ТОХИ+Гидроудар новым нормативным требованиям и рекомендациям.

The review of changes in the regulatory and procedural documents of Rostekhnadzor and EMERCOM of Russia in the field of quantitative risk assessment, which came into force in the period from December 2015 to June 2016, were completed. Compliance software TOXI + Risk and 5 TOXI + Water hammer on new regulatory requirements and recommendations were analyzed.

Ключевые слова: количественная оценка риска, оценка последствий аварий, пожарный риск, программные продукты, изменения в нормативно-методические документы

С момента последней сертификации ТОХИ+Risk 5 прошло уже более полугода. В течение этого времени были внесены изменения в ряд нормативных документов Ростехнадзора [1-5] и МЧС России [6] и, как следствие, в сертификатах соответствия ТОХИ+Risk 5 и ТОХИ+Гидроудар в настоящий момент содержатся несколько ссылок на недействующие нормативы. Данный факт вызывает закономерные вопросы у наших пользователей о возможности применения наших программ.

Данный обзор имеет целью оценку соответствия текущего функционала программных средств ТОХИ+Risk 5 и ТОХИ+Гидроудар новым требованиям нормативных документов Ростехнадзора и МЧС России, вышедшим после получения последних сертификатов соответствия в системе ГОСТ Р РОСС RU.СП15.Н00887, РОСС RU.СП15.Н00888, РОСС RU.СП15.Н00889 (от 23.12.2015) и РОСС RU.СП15.Н00917 (от 04.05.2016). Ниже приведен анализ нововведений по каждому из документов [1-6]:

1) Изменения в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств" (приказ Ростехнадзора от 26.11.2015 №480, зарегистрирован в Минюстом 18.02.2016) [1]

Документ содержит достаточно много изменений в части требований к разработке технологических процессов, проектированию, строительству, эксплуатации, реконструкции, технического перевооружения, капитального ремонта, консервации и ликвидации ОПО, монтажу, обслуживанию, ремонту различных технических устройств и т.д. Изменился и добавился также ряд требований по проведению расчетов.

Так, в п. 3.20.3 установлено требование о необходимости проведения расчетов по определению времени срабатывания запорных и (или) отсекающих устройств, которые должны исключать гидравлические удары. Такие расчеты для технологических и магистральных трубопроводов могут быть проведены в соответствии с Руководствами по безопасности «Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов» [4] и «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных жидкостей», с помощью разработанного на основе данных документов программного средства ТОХИ+Гидроудар [7-9].

Существенной корректировке подвергся п. 10.4. Если в предыдущей редакции предъявлялись требования к взрывоустойчивости административных и других непромышленных зданий, а также зданий, в которых располагаются помещения управления, то в новом документе они были заменены обеспечением защиты персонала, находящегося в помещениях управления (операторных), от воздействия ударной волны и термического воздействия.

Оценка соответствия вышеуказанному требованию может быть проведена методами количественного анализа риска. О порядке проведения такой оценки уже высказывался ряд мнений [10-11]. Такая оценка может быть проведена с использованием двух подходов, условно называемых «детерминированным» и «вероятностным». Первый подразумевает определение избыточного давления при различных сценариях взрыва в области нахождения операторной и сопоставление с порогом избыточного давления, при котором возможно травмирование людей в здании (пороговые значения для различных типов травмирования людей приводятся в приложении 3 [1]). Второй – вероятностный -

допускается использовать, если требования безопасности с использованием первого подхода не могут быть выполнены. В этом случае, вместо избыточного давления определяется индивидуальный риск травмирования персонала в зданиях и проводится сопоставление с критериями допустимого риска [10].

Текущая версия TOXI+Risk позволяет автоматизировать проведение вышеуказанных расчетов как по первому, так и по второму подходу. В случае с вероятностным подходом пока не реализован расчет индивидуального риска травмирования людей в зданиях (добавление такой возможности запланировано на конец 3 квартала 2016 г.). Однако, этот показатель несложно определить, используя, например, F-P диаграммы для зданий, которые позволяет получить TOXI+Risk 5, а также данные о вероятности нахождения людей в здании.

Ряд существенных изменений ФНП коснулся приложения 3 [1]. В его предыдущей редакции расчет последствий взрыва ТВС предлагалось проводить по одной из двух методик: методике тротилового эквивалента и методике, учитывающей тип взрывного превращения при воспламенении ТВС. В новой редакции введено четкое ограничение на использование данных математических моделей. Так теперь методика тротилового эквивалента может быть использована только при расчетах взрывов твердых и жидких химически нестабильных соединений, а также для приближенного расчета последствий взрыва ТВС внутри замкнутых объемов (помещений). Расчет взрывов ТВС на наружных установках в настоящее время следует проводить по методике, учитывающей тип взрывного превращения облака ТВС. Также обозначено требование по учету смещения (дрейфа) облака ТВС (и условного центра взрыва) под действием ветра при расчете взрыва.

Устранена возможность выбора алгоритма расчета массы участвующей во взрыве ТВС. Раньше можно было определять данный параметр, используя старый и во многом несовершенный подход, изложенный в методике расчета энергопотенциалов (приложение 2 [1]). Данный алгоритм предполагает оценку общего количества горючего, поступившего в атмосферу за все время рассмотрения аварии, и его корректировку при помощи специального коэффициента (обычно для наружных установок он принимался равным 0,1) для получения массы, которая будет участвовать во взрыве ТВС. Теперь для взрывов конденсированных и жидких опасных веществ и взрывах внутри помещения метод энергопотенциалов может быть использован только в связке с методикой тротилового эквивалента. Расчет массы, участвующей во взрыве ТВС, на наружных установках должен осуществляться с учетом пространственно-временного распределения концентраций в

окружающей среде. Такой расчет может быть проведен с использованием методики Ростехнадзора [12].

Формула для вычисления массы в новой редакции была уточнена ограничением на количество вещества в первичном облаке, которое прописано в [12]. Учет данного правила был внедрен еще в ТОХ+Risk 4 в 2015 году.

Математическая модель для расчета последствий взрывов ТВС, учитывающая тип взрывного превращения при воспламенении ТВС также была модифицирована по аналогии с [12] (описание изменений приведено ниже).

В новой редакции также были добавлены критерии взрывоустойчивости зданий. Расчет значений избыточного давления на фронте ударной волны, а также риска разрушения зданий, необходимых для использования данных критериев был реализован в последних редакциях ТОХI+Risk 4.

Новая версия документа также пополнилась справочными данными по частотам возникновения аварий на типовом технологическом оборудовании, используемом на ОПО. Данные величины нашли свое отражение в справочнике аварийных событий ТОХI+Risk пятой версии.

2) Руководство по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах" (утв. приказом Ростехнадзора от 11 апреля 2016 № 144) [2]

Новое руководство по безопасности не подверглось существенной корректировке. Изменился ряд терминов, приведены к общему виду индексы в формулах расчета пострадавших и показателей риска, а также уточнен порядок округления некоторых величин (до наибольшего целого). Также были приведены в соответствии с [1] справочные данные по частотам разгерметизации различного технологического оборудования.

Перечисленные исправления носят в основном редакторский характер и не требуют переработки программы. Отметим, что расчет ряда новых величин, которые впервые появились в первой редакции этого документа (среднее число погибших и пострадавших, максимальное возможное количество пострадавших - МВКП) был реализован в ТОХI+Risk версии 5.0.

3) Руководство по безопасности "Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей" (утв. приказом Ростехнадзора от 31.03.2016 № 137) [3]

В новый документ были внесены несколько уточняющих правок: исправлен ряд терминов и определений. Так, например, величина M_r , с учетом которой определяется

эффективный энергозапас E , теперь определяется как масса горючего в облаке ТВС, участвующая в создании поражающих факторов. Данное изменение не изменяет алгоритм расчета M_T и носит конкретизирующий характер: в качестве массы горючего в облаке ТВС должна использоваться не вся масса горючего в облаке, а только ее часть, способная к воспламенению.

Скорректированы границы применимости формул для расчета параметров падающей ударной волны при детонации облака газовой ТВС. Теперь максимальное расстояние, на котором возможен расчет этих величин составляет 6,5 безразмерных расстояний (в предыдущей редакции - 18). Уменьшение диапазона применимости данной математической модели связано с тем, что небольшие значения избыточного давления (1-3 кПа) на фронте ударной волны реализовывались на чрезмерно больших расстояниях (5-10 км от места выброса). Такие результаты часто вызывали вопросы при проведении оценки последствий взрывов и противоречили данным прямого численного моделирования взрыва. Изменение было включено в TOXI+Risk, начиная с пятой версии.

4) Руководство по безопасности "Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов" (утв. приказом Ростехнадзора 17.06.2016 №228) [4]

Первая редакция этого документа вышла в 2014 – почти на полгода раньше, чем другие руководства по безопасности, и поэтому многие ссылки на методические документы по расчетам поражающих факторов аварий в нем оказались устаревшими после выхода основного блока руководств. Основные внесенные изменения направлены на устранения этого недостатка. Аналогичным исправлениям подверглось приложение 7 «Расчет вероятных зон действия поражающих факторов аварии» [4], на соответствие которому был сертифицирован TOXI+Risk 5. Приложение 8 «Определение числа пострадавших от аварии» [4] было изъято из Руководства. Расчет пострадавших новая редакция рекомендует проводить в соответствии с Руководством по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах".

В приложении 10 «Расчет объемов выброса нефти (нефтепродуктов) и площадей разлива при авариях на линейной части ОПО МН и МНПП и площадочных сооружениях ОПО МН и МНПП» [4] (в новой редакции это 9-ое приложение) был исправлен ряд опечаток: величина $D(x)$ теперь выражает внутренний диаметр трубопровода, а не номинальный, также была подчеркнута зависимость массового расхода, импульса и

энергии от времени при обозначении соответствующих функций: $M_0(t, x)$, $I_0(t, x)$, $E_0(t, x)$.
Исправление этих недостатков не повлияло на алгоритм работы ТОХИ+Гидроудар.

5) Руководство по безопасности «Методы обоснования взрывоустойчивости зданий и сооружений при взрывах топливно-воздушных смесей на опасных производственных объектах» (утв. приказом Ростехнадзора от 03.06.2016 №217) [5]

Руководство по безопасности было дополнено несколькими существенными положениями, которые регламентируют определение момента времени воспламенения облака ТВС, а также что следует понимать под дрейфом облака ТВС (п. 19.2):

«При оценке последствий взрывных процессов с учетом дрейфа облака рекомендуется рассматривать зажигание облака в различные моменты времени. При отсутствии информации по источникам зажигания рекомендуется рассматривать зажигание в момент времени, когда в облаке ТВС находится максимальная взрывоопасная масса M_r .»;

«Расстояние дрейфа облака ТВС рекомендуется определять как расстояние между источником выброса и центром масс облака ТВС. В случае одновременного дрейфа нескольких облаков ТВС отдельно друг от друга необходимо рассмотреть сценарии взрыва каждого ТВС.».

Следует отметить, что возможность определения центра масс облака ТВС, а также расчет с ее учетом размера дрейфа облака стали доступны пользователям ТОХИ+Risk с выходом 5-ой программы.

Функция определения максимальной взрывоопасной массы (с учетом пространственно-временного распределения концентраций) в настоящее время реализована только для выбросов опасных веществ в виде газа (для выбросов опасных веществ в жидкой фазе необходимо задавать время воспламенений облака ТВС вручную). Разработка универсального алгоритма расчета максимальной массы по взрывоопасным пределам для многофазных выбросов включена в план по развитию ТОХИ+Risk 5 на 3 квартал 2016 г.

6) Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (утв. приказом МЧС России от 02.12.2015г. №632, зарегистрирована в Минюсте России приказом от 30.12.2015 №40386) [6]

Основным нововведением в Методике является расширение границ ее применимости на здания классов функциональной пожарной опасности Ф1.1 (здания дошкольных образовательных организаций, домов престарелых и инвалидов и др.), Ф1.3

(многоквартирные жилые дома) и Ф1.4 (одноквартирные жилые дома). Для данных объектов пожарной защиты приводится специальный алгоритм расчета индивидуального пожарного риска, в котором вероятность эвакуации определяется как отношение числа эвакуировавшихся людей к общему числу людей в здании, а также учитывается вероятность спасения людей в зависимости от проводимых противопожарных мероприятий и дислокации подразделений пожарной охраны.

Методика дополнена новыми справочными данными о частоте возникновения пожара в зданиях, времени начала эвакуации, параметрами движения людских потоков в зданиях класса Ф1.1, а также алгоритмом расчета эвакуации немобильных людей.

Порядок определения времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара дополнен учетом наличия установки автоматического пожаротушения на скорость выгорания пожарной нагрузки:

«При наличии в помещении очага пожара установки автоматического пожаротушения, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, при проведении расчетов значение скорости выгорания принимается уменьшенным в 2 раза.»

Изменения, связанные внедрением нового алгоритма расчета индивидуального риска для зданий классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4, а также в модель оценки времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара были внесены в ТОХI+Risk 5.

Выводы:

Проведенный обзор показывает, что необходимые изменения, учитывающие новые требования нормативных документов [1-6], реализованы в программном комплексе ТОХI+Risk в 5-ой версии программы. Большинство нововведений в этих нормативах носят уточняющий характер и не требуют доработки расчетных алгоритмов, заложенных в программных средствах серии ТОХI+. Программный продукт ТОХI+Гидроудар также соответствует требованиям нового Руководства по безопасности [4].

Отметим, что упомянутые в данном обзоре программные продукты постоянно развиваются в части реализации нового функционала параллельно с развитием нормативно-методической базы расчетных методик. Совершенствование нормативно-методической документации в области анализа промышленного и пожарного риска будет продолжено - по состоянию на июль 2016 года на утверждении в Ростехнадзоре находится проект изменений в Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и

газохимической промышленности». После выхода данного документа запланировано проведение очередной процедуры подтверждения соответствия наших программных продуктов официальным документам в области промышленного и пожарного риска.

Список литературы

- 1) Изменения в Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств" (приказ Ростехнадзора от 26.11.2015 №480, зарегистрирован в Минюсте 18.02.2016)
- 2) Руководство по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах" (утв. приказом Ростехнадзора от 11 апреля 2016 № 144)
- 3) Руководство по безопасности "Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей" (утв. приказом Ростехнадзора от 31.03.2016 № 137)
- 4) Руководство по безопасности "Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов" (утв. приказом Ростехнадзора 17.06.2016 №228)
- 5) Руководство по безопасности «Методы обоснования взрывоустойчивости зданий и сооружений при взрывах топливно-воздушных смесей на опасных производственных объектах» (утв. приказом Ростехнадзора от 03.06.2016 №217)
- 6) Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (утв. приказом МЧС России от 02.12.2015г. №632, зарегистрирована в Минюсте России приказом от 30.12.2015 №40386)
- 7) Сумской С.И., Агапов А.А., Софьин А.С., Сверчков А.М., Егоров А.Ф. Моделирование аварийных утечек на магистральных нефтепроводах // Безопасность труда в промышленности. – 2014. – № 9. – С. 50-53.
- 8) Сумской С.И., Лисанов М.В., Агапов А.А., Софьин А.С., Сверчков А.М., Егоров А.Ф. Моделирование гидроудара в разветвленных трубопроводных системах // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 10. – С. 60-66.
- 9) Сумской С.И., Агапов А.А., Софьин А.С., Сверчков А.М., Егоров А.Ф. О критических замечаниях по статье «Моделирование аварийных утечек на

магистральных нефтепроводах» // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 7. – С. 66-71.

- 10) Лисанов М.В. Изменения в ФНП «Общие правила взрывобезопасности...»: нужно ли анализировать взрывоустойчивость операторных при аварийных взрывах?
[Электронный ресурс] // Сайт группы компаний «Промышленная безопасность». М., 2016. URL: <http://www.safety.ru/node/1394> (дата обращения 15.07.2016).
- 11) Лисанов М.В. Изменения в ФНП «Общие правила взрывобезопасности...»: Почему ФАУ «Главгосэкспертиза России» не принимает вероятностный подход?
[Электронный ресурс] // Сайт группы компаний «Промышленная безопасность». М., 2016. URL: <http://www.safety.ru/experts-opinion/izmeneniya-v-fnp-obshchie-pravila-vzryvobezopasnosti-pochemu-fau-glavgosekspertiza> (дата обращения 15.07.2016).
- 12) Руководство по безопасности "Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ" (утв. приказом Ростехнадзора от 20.04.2015 №158)