

DOI: 10.24000/0409-2961-2022-11-85-92

УДК 614.839

© Коллектив авторов, 2022

О совершенствовании нормативных требований к конструкциям зданий и сооружений на взрывопожароопасных производственных объектах



К.В. Авдеев,
зам. ген. директора,
гл. инженер



В.В. Бобров,
канд. техн. наук,
руководитель службы,
зав. сектором



Д.И. Левин,
инженер



М.В. Лисанов,
д-р техн. наук, директор
центра анализа риска,
risk@safety.ru



Е.Е. Невская,
канд. техн. наук, ст.
науч. сотрудник

АО «ЦНИИПромзданий», Москва, Россия

ЗАО НТЦ ПБ, Москва,
РоссияАНО «АИПР»,
Москва, Россия

Проведены анализ и систематизация действующих нормативно-технических документов в областях промышленной и механической безопасности объектов капитального строительства в Российской Федерации, а также в странах Европейского Союза и Соединенных Штатах Америки, устанавливающих требования к конструкциям зданий и сооружений. Представлены требования, которые влияют на выбор оптимального объемно-планировочного и конструктивного решения производственных зданий, подверженных действию взрывных нагрузок при авариях. Описан зарубежный подход к методам расчета конструкций зданий на динамические нагрузки в виде импульса, содержащийся в нормативных документах. Изложены предложения по совершенствованию нормативной базы в областях промышленной и механической безопасности для проектирования взрывостойчивых зданий и сооружений на опасных производственных объектах.

Ключевые слова: нормативные требования, здания, сооружения, взрывные нагрузки, взрывобезопасность, промышленная безопасность, механическая безопасность, динамический метод расчета, опасный производственный объект.

Для цитирования: Авдеев К.В., Бобров В.В., Левин Д.И., Лисанов М.В., Невская Е.Е. О совершенствовании нормативных требований к конструкциям зданий и сооружений на взрывопожароопасных производственных объектах // Безопасность труда в промышленности. — 2022. — № 11. — С. 85–92. DOI: 10.24000/0409-2961-2022-11-85-92

Введение

Безопасность зданий, сооружений и иных объектов капитального строительства, входящих в состав взрывопожароопасных объектов, — актуальная задача для всех промышленно развитых стран. Данная тематика отражена не только в стандартах компаний и национальном законодательстве, но и в документах ряда международных организаций, в том числе Организации Объединенных Наций (ООН) и входящей в ее состав Европейской экономической комиссии ООН, Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), а также Организации Объединенных Наций по промышленному развитию (ЮНИДО). В Российской Федерации (РФ) взрывобезопасность таких объектов регулируется в основном законодательством в области промышленной и механической безопасности (далее — взрывобезопасность) [1, 2].

Как правило, наиболее тяжелые последствия аварий — разрушение зданий или частичное обрушение строительных конструкций вследствие аварийного взрыва на взрывопожароопасных производственных объектах (ВПОПО), сопровождающиеся повышенным риском гибели людей и значительным материальным ущербом. Поэтому на ВПОПО в дополнение к требованиям промышленной безопасности, направленным на исключение аварийных выбросов взрывоопасных веществ, необходимо предусматривать комплекс мер по обеспечению взрывостойчивости зданий и сооружений. В настоящее время, согласно документам [3–5], при проектировании взрывостойчивых зданий в первую очередь учитывают результаты оценки риска аварийного взрыва топливно-воздушных смесей (ТВС), включая расчеты параметров падающей на здание ударной (взрыв-

ной) волны, а также критерии допустимого риска [4, 6–8]. Дальнейший расчет устойчивости конструкции здания, сооружения к взрывным нагрузкам, учитывающий взаимодействие (отражение) падающей ударной волны с конструктивом зданий, сооружений, проводят методами механической безопасности [9–14], которые, как показывает отечественная практика проектирования крупных нефтегазовых ВПОПО, в настоящее время представляются недостаточно проработанными. В этой связи необходимо более подробно рассмотреть современные подходы к обеспечению взрывобезопасности ВПОПО, применяемые в Соединенных Штатах Америки (США) и Европейском Союзе (ЕС), и сравнить их с методами, применяемыми в РФ.

Зарубежные требования к взрывобезопасности объектов капитального строительства

В США вопросы промышленной безопасности отнесены к компетенции Управления охраны труда (Occupational Safety and Health Administration, OSHA) и Министерства труда (Department of Labor, DoL), которые занимаются проблемами охраны труда, техноферной безопасности и профилактики профессиональных заболеваний. Что касается промышленной безопасности объектов капитального строительства, то в настоящее время в США не существует конкретного общего промышленного стандарта или руководства по проектированию зданий производственных объектов, охватывающего все аспекты обеспечения промышленной безопасности. Практики проектирования основаны на многих существующих документах, относящихся к данной области: размещение и строительство новых контрольных зданий для заводов химического производства регламентируются стандартом SG-22 Ассоциации химического производства, классификация вреда от перерабатывающих заводов и проекты контрольных зданий (СИА) — документами Ассоциации химических отраслей промышленности (норматив пересматривался), дизайн конструкций, устойчивых к воздействию ядерного оружия, — инструкцией ASCE 42 Американского общества гражданских инженеров, разработка конструкций, устойчивых к воздействию случайных взрывов — требованиями UFC 3-340-02 Департамента армии, флота и воздушных сил.

Стандарты SG-22 и СИА аналогичны и охватывают задачи размещения, проектирования и строительства контрольных зданий на нефтехимических заводах для взрывных нагрузок на основе упрощенных динамических (упругопластические с одиночной степенью свободы) подходов к проектированию. Остальные вышеперечисленные документы предназначены для проектирования защитных конструкций и сооружений от воздействия высокоэффективных взрывчатых веществ для военного и оружейного применения. Однако фундаментальные принципы и принципы проектирования, охваченные этими нормативами,

применимы и для проектирования при использовании других видов взрывчатых и опасных веществ.

В развитие вышеуказанных требований Американский институт химических инженеров, комитет Центра безопасности химических процессов (CCPS) и Американский институт нефти (API) продолжили разработку документов в области промышленной безопасности. В частности, CCPS создал Указания по оценке характеристики взрывов облаков пара, пожара облаков ТВС и взрывов в результате расширения паров кипящей жидкости (далее — Указания CCPS по взрывам) и Указания по оценке зданий перерабатывающих заводов для внешних взрывов и пожаров (далее — Указания CCPS по зданиям). В свою очередь, API опубликовал практические рекомендации под названием «Управление угрозами, связанными с расположением зданий перерабатывающего завода» (API RP 752).

Исходя из анализа стандартов ЕС и США можно выделить общие первичные цели взрывоустойчивого проектирования:

безопасность персонала. Обеспечение не меньшего уровня безопасности для людей в здании, чем для людей за его пределами в случае взрыва;

контролируемая остановка. Предупреждение эскалации аварии и каскада событий из-за потери контроля над эксплуатационными блоками, не задействованными в событии. Происшествие на одном блоке не должно воздействовать на продолжение безопасной эксплуатации других блоков;

финансовые соображения. Предупреждение или минимизация финансовых потерь. Здания, содержащие критически важное, основное, дорогостоящее оборудование, оборудование длительного пользования или оборудование, которое в случае уничтожения приведет к значительным перерыву в производственной деятельности и убыткам для владельца, должны быть защищены.

В соответствии с зарубежными документами [15–18] методы расчета и анализ взрывных воздействий включают 9 основных шагов.

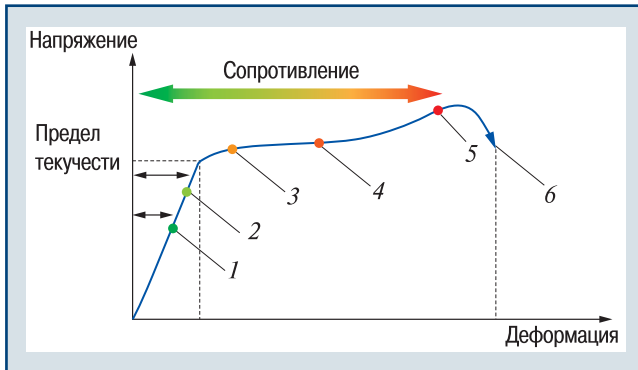
Шаг 1: установление общих требований владельца к зданию и (или) сооружению (критичность объектов защиты, размещение людей, уровень взрывозащитности, объемно-планировочные решения).

Шаг 2: идентификация опасности взрыва (сценарии, вероятности, строительные конструкции, требующие взрывозащиты).

Шаг 3: определение параметров взрывных волн до взаимодействия с конструкцией (в свободном пространстве).

Шаг 4: формулирование технических требований (критериев) к аварийным характеристикам строительной конструкции в условиях взрывного воздействия и их конкретизация в виде пределов отклика конструкции на взрыв. При проектировании строительной конструкции рекомендуется учитывать следующие критерии безопасности элементов,

подвергнутых воздействию взрывных нагрузок: прочность (устойчивость), целостность защитных оболочек, сохранение функциональности (рис. 1, здесь 1 — функциональность; 2 — целостность; 3–5 — соответственно низкий, средний и высокий уровень повреждений; 6 — разрушение).



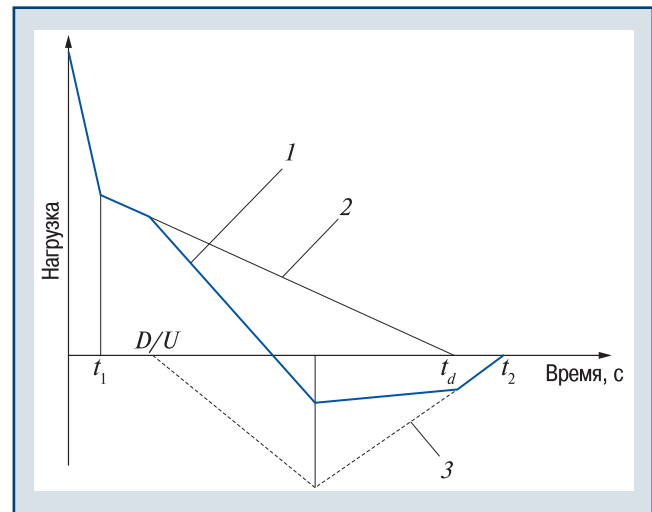
▲ Рис. 1. Рекомендуемые критерии проектирования для различных уровней взрывозащиты

▲ Fig. 1. Recommended design criteria for different levels of explosion protection

Шаг 5: установление представительных расчетных ситуаций. Это вид расчетной ситуации (расчет на локальные или глобальные взрывные нагрузки), геометрическая модель конструкции (линейный объект, плоский объект, параллелепипед, горизонтальный цилиндр, вертикальный цилиндр), модель эффективной взрывной нагрузки (избыточное давление взрывной волны, сила лобового сопротивления элемента конструкции).

Шаг 6: определение расчетных взрывных нагрузок для каждой расчетной ситуации. Количественные параметры невозмущенной (падающей) взрывной волны, набегающей на конструкции из открытого пространства, устанавливаются в отчете по оценке риска взрыва. Характеристики взрывных нагрузок с учетом дифракции взрывной волны с сооружением рассчитываются проектировщиком и инженером-расчетчиком для следующих элементов конструкции: фронтальная (фасадная) поверхность, боковые поверхности, крыша, дно. Суммарная (глобальная) нагрузка от взрывной волны (в направлении ее движения) на конструкцию показана на рис. 2 (здесь t_1 — время затухания эффекта отражения взрывной волны от фронтальной стены конструкции, с; t_d — длительность импульса избыточного давления взрывной волны, с; t_2 — длительность действия нагрузки на тыльную поверхность конструкции, с; D — длина конструкции, м; U — характерная скорость фронта взрывной волны, м/сек; 1 — интегральная нагрузка; 2 — нагрузка на фронтальную поверхность; 3 — нагрузка на тыльную поверхность) и равна разнице между нагрузкой на фронтальную и тыльную части.

Шаг 7: изучение свойств конструкционных материалов для условий взрывного воздействия. Динами-



▲ Рис. 2. Зависимость суммарной взрывной нагрузки на конструкцию от времени

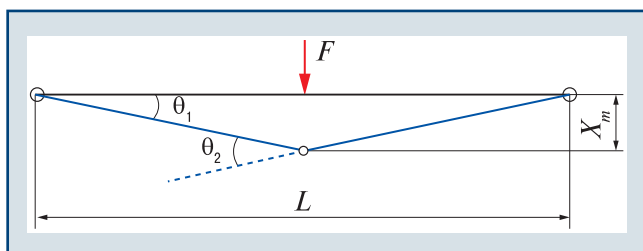
▲ Fig. 2. Dependence of the total explosive load on the structure on time

ческое воздействие взрывной или ударной волны на прочностные свойства сталей учитывают через коэффициент упрочнения (Strength Increase Factor, SIF) и коэффициент динамического увеличения прочности (Dynamic Increase Factor, DIF).

Шаг 8: расчет строительной конструкции на взрывные нагрузки с учетом режима ее динамического взаимодействия с взрывной волной. Численный расчет поведения конструкции под действием взрывной нагрузки проводят с учетом коэффициента динамичности DAF (квазистатический метод) для всех моделей расчетных взрывных нагрузок. При этом значения DAF преимущественно вычисляют по методу анализа систем с одной степенью свободы (SDFA). Метод SDFA применим как для отдельных простых элементов, так и сложных строительных конструкций, включая высотные здания [17].

Шаг 9: проверка выполнения критериев безопасности — прочности (устойчивости), целостности и функциональности. Для конструкций, реагирующих на импульсные (в частности взрывные) нагрузки по упругопластическому механизму, в мировой строительной практике и нормировании используют два метода (рис. 3, здесь L — длина конструкционного элемента, м; F — приложенная нагрузка; θ_1, θ_2 — углы поворота, рад; X_m — отклонение, мм) количественной оценки предельных состояний: по предельному повороту θ_1, θ_2 и по предельной деформации (изгибу) X_m .

Шаги 1–3 берет на себя заказчик, основываясь на результатах риск-ориентированного анализа промышленных рисков и согласований с собственником и регулируемыми органами. Шаги 4–9 выполняют конструкторы и инженеры-расчетчики. Такой анализ позволяет проектировать здания сложной формы, в том числе многоэтажные, при условии выполнения всех требований, предусмотренных в каждом из девяти шагов.



▲ Рис. 3. Два основных параметра, характеризующих упруго-пластичный отклик элемента конструкции на взрывное воздействие

▲ Fig. 3. Two main parameters characterizing the elastic-plastic response of the structural element to the explosive impact

Отечественные требования к обеспечению взрывобезопасности зданий и сооружений

В п. 344 федеральных норм и правил [3] установлены требования для вновь проектируемых взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектов по защите персонала от воздействия ударной волны (травмирования). Также указано, что взрывоустойчивость строительных конструкций зданий регулируется требованиями законодательства о градостроительной деятельности и нормативными техническими документами, т.е. документами механической безопасности [1, 9–14]. Требования безопасности при техногенных воздействиях, включая взрывы, определены ст. 9 [1]. Согласно им здание или сооружение на территории, где возможно проявление опасных природных процессов и явлений или техногенных воздействий, должно быть спроектировано и построено таким образом, чтобы в процессе его эксплуатации опасные природные процессы и явления или техногенные воздействия не вызывали обрушений зданий и сооружений и (или) иных событий, создающих угрозу причинения вреда жизни и здоровью людей, имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений. Кроме того, проектные значения параметров и другие проектные характеристики здания или сооружения, а также проектируемые мероприятия по обеспечению его безопасности должны устанавливаться таким образом, чтобы в процессе строительства и эксплуатации здание или сооружение оставалось безопасным [1]. Следовательно, для обеспечения безопасности зданий и сооружений необходимо не только предусматривать мероприятия, исключающие возникновение в них пожаров (пожарная безопасность), но и учитывать вероятность внешнего техногенного воздействия в виде аварийного взрыва при их проектировании.

С учетом требований [1] разработан свод правил [10], одна из целей которого — попытка увязать законодательство в областях градостроительной деятельности и промышленной безопасности. Документ устанавливает требования по учету особых нагрузок и воздействий при проектировании зданий и сооружений, а также по обеспечению надежно-

сти строительных конструкций и оснований при аварийных ситуациях природного, техногенного и антропогенного характера. Свод правил [12] регламентирует требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям для производственных зданий, которые могут подвергнуться воздействию внешних аварийных взрывов (пункты управления, операторные и т.п.), при этом их следует выполнять взрывоустойчивыми. Во взрывоустойчивых зданиях должна быть исключена возможность разрушения основных несущих и ограждающих конструкций, обеспечена защита работающих там людей. Обеспечение взрывоустойчивости при внешних аварийных взрывах может достигаться снижением избыточного давления взрыва за счет удаления зданий от его потенциальных источников, а также повышением прочности и устойчивости конструкций к действию взрывных нагрузок.

Выделим основные требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям:

взрывоустойчивые здания (операторные, пункты управления и т.п.) проектируют одноэтажными, простой формы в плане, без перепада высот смежных участков, с организованным наружным водостоком;

взрывоустойчивые здания необходимо ориентировать таким образом, чтобы их боковой фасад был обращен к источнику взрыва;

следует избегать внутренних углов на фасаде здания, обращенном в сторону возможного взрыва. Дверные проемы и окна нужно располагать на фасаде, противоположном возможному направлению взрыва. Стены, обращенные к источнику взрыва, делаются ровными, плоскими или изогнутыми выпуклостью к взрыву, без архитектурных деталей. Необходимо минимизировать число окон и дверей в здании и размещать их по возможности дальше от источников взрыва, за исключением эвакуационных выходов, расположение которых определяется размещением рабочих мест;

устройство чердаков в здании операторной и установка технологического оборудования на покрытии не допускаются;

входы и оконные проемы нельзя располагать на фасадах взрывоустойчивых зданий со стороны возможного направления распространения взрывной волны, за исключением эвакуационных выходов, расположение которых определяется размещением рабочих мест. В здании операторной должно быть не менее двух выходов.

К взрывоустойчивым производственным зданиям предъявляются повышенные требования, которые существенно влияют на выбор оптимального объемно-планировочного и конструктивного решения. Однако на практике в связи с увеличением производства, связанного с применением горючих газов и жидкостей, возникает потребность в проектировании двух- и даже трехэтажных взрывоустойчивых объектов, имеющих в плане форму, отличную от прямоу-

гольной. Такие параметры взрывоустойчивых зданий объясняются необходимостью эффективного функционирования технологических процессов, которые, в свою очередь, могут влиять на технико-экономические показатели производства. Также этажность и форма взрывоустойчивых производственных зданий зависит от гидрогеологических условий площадки строительства, границ санитарно-защитных зон, площади земельного участка, правил землепользования и застройки.

В связи с этим возникает необходимость внесения дополнительных требований в нормативные документы, направленные на возможность проектирования таких зданий, объемно-планировочные и конструктивные решения которых необходимы для обеспечения безопасности. Основой для их разработки могут служить в том числе зарубежные подходы, изложенные выше.

Предложения по изменению требований к конструкциям зданий и сооружений в части взрывоустойчивого проектирования

В соответствии с требованиями указа [19] о единстве критериев на ВПОПО и в целях развития риск-ориентированного подхода с учетом практики разработки обоснований безопасности и деклараций промышленной безопасности при проектировании ВПОПО предлагается установить нормативные критерии допустимого риска разрушения зданий и сооружений на ВПОПО. Установленные критерии необходимо гармонизировать с нормами в области пожарной безопасности, предупреждения техногенных чрезвычайных ситуаций, зарубежными нормативами и учитывать предельно допустимые показатели индивидуального и социального риска гибели людей, частоту эскалации аварий.

Требуется развить и уточнить ряд положений свода правил [10], касающихся взрывных нагрузок при авариях на ВПОПО, а именно:

формулировку п. 4.6 о распространении [10] на здания ВПОПО. Этот документ гласит: особые воздействия на сооружения ВПОПО, подлежащие регистрации в государственном реестре в соответствии с законодательством РФ о промышленной безопасности таких объектов, устанавливаются федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности. Но распространяется ли указанное на здания ВПОПО или же только на сооружения — неясно. Руководствуясь положением п. 5.1 [10] и примечанием к п. 2.1.4 [14], данное требование следует распространять и на здания. В соответствии с [14] несущие и ограждающие конструкции зданий и сооружений должны быть запроектированы с учетом обоснованных аварийных расчетных ситуаций, которые устанавливаются заказчиком в задании на проектирование;

включить в положения [10] ссылки на соответствующие методики оценки риска аварий (руководства

по безопасности), утвержденные Ростехнадзором, для учета показателей риска взрыва (давление и импульс падающей ударной волны) как входных параметров для расчета взрывных нагрузок на здания и сооружения;

исправить неточности в п. 7.3 «Внешний взрыв» Изменений № 1 [10] в части формул для вычисления взрывной нагрузки с учетом отражения от здания. Как показали расчеты, указанная трактовка максимального (пикового) избыточного давления при взрыве p_{\max} , которое, согласно п. 7.3.1 Изменений № 1 [10], необходимо определять с учетом дифракции и отражения взрывной волны, на практике может привести к увеличению расчетной взрывной нагрузки в 3–4 раза и к соответствующим избыточным затратам на капитальное строительство зданий и сооружений на опасных производственных объектах; включить положение о применении численного моделирования (вычислительная гидродинамика) для определения параметров взрывной нагрузки с учетом дифракции со зданием (изменение взрывной нагрузки во времени на различные поверхности здания).

Следует разработать и внести изменения в [12] и (или) [10], включающие методику расчета взрывных нагрузок на здания и сооружения с помощью численного моделирования (вычислительная гидродинамика).

В [12] нужно уточнить критерии зданий или сооружений повышенного уровня ответственности, а также аварийной расчетной ситуации, имеющей малую вероятность возникновения и небольшую продолжительность, но важной с точки зрения последствий достижения предельных состояний, которые могут возникнуть при этой ситуации (в том числе предельные состояния, образующиеся в связи со взрывом, столкновением, аварией, пожаром, а также непосредственно после отказа одной из несущих строительных конструкций) (ст. 16 [1]).

Необходимо обеспечить разработку и сертификацию программных средств для расчета взрывных нагрузок с учетом требований взрывобезопасности и импортозамещения.

Предлагается предусмотреть в разделе 5.2 [12] возможность проектирования взрывоустойчивых зданий без ограничения по этажности и форме при условии выполнения рекомендаций по расчету динамическим методом. Кроме того, в [12] нужно внести раздел, регламентирующий методику динамического метода расчета, основанного на решении уравнений движения системы во временной области с учетом физической, геометрической и конструктивной нелинейностей, включающий следующие подразделы:

- описание и область применения математических моделей бетона, арматуры и конструктивных сталей с учетом прочностных и деформационных свойств при динамических нагрузках;

описание методов расчета и определения критериев оценки прочности, деформативности и допу-

скаемых повреждений железобетонных и стальных конструкций при действии динамических нагрузок; описание мероприятий для различных конструктивных систем (каркасные, каркасные со связями, монолитные и пр.).

Нуждается в разработке раздел [12], содержащий требования к расчету и проектированию ограждающих конструкций, легкобрасываемых конструкций, защитных стенок, а также требования к заполнению проемов.

Заключение

Анализ иностранных нормативно-технических документов в области взрывобезопасности показал, что методики проектирования объектов капитального строительства на взрывопожароопасных производственных объектах в целях обеспечения устойчивости зданий и сооружений к взрывной нагрузке за рубежом отличаются от отечественных подходов в области механической безопасности. Среди этих отличий можно выделить проектирование зданий сложной формы, в том числе многоэтажных, с использованием современных методов численного моделирования аварийного процесса и динамического расчета взрывных нагрузок.

По итогам проведенных исследований разработаны предложения по совершенствованию нормативной базы в области промышленной и механической безопасности для проектирования взрывоустойчивых зданий и сооружений на взрывопожароопасных производственных объектах, включающие актуализацию действующих документов и принятие новых.

Список литературы

1. *Технический* регламент о безопасности зданий и сооружений (с изменениями на 2 июля 2013 г.): федер. закон от 30 дек. 2009 г. № 384-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902192610> (дата обращения: 22.11.2022).
2. *О промышленной безопасности* опасных производственных объектов: федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. — 23-е изд., испр. и доп. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2022. — 52 с.
3. *Общие правила взрывобезопасности* для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности. — Сер. 09. — Вып. 37. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2022. — 140 с.
4. *Методы обоснования взрывоустойчивости зданий и сооружений* при взрывах топливно-воздушных смесей на опасных производственных объектах: рук. по безопасности. — Сер. 27. — Вып. 17. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2020. — 56 с.
5. *Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей*: рук. по безопасности. — Сер. 27. — Вып. 15. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2019. — 44 с.
6. *Лисанов М.В., Жуков И.С., Базалий Р.В.* Критерии взрывоустойчивости зданий и сооружений на опасных производственных объектах// *Безопасность труда в промышленности*. — 2019. — № 5. — С. 40–46. DOI: 10.24000/0409-2961-2019-5-40-46

7. *Базалий Р.В., Невская Е.Е., Чуркин Г.Ю.* Проблемы обоснования взрывоустойчивости зданий и сооружений на опасных производственных объектах// *Безопасность труда в промышленности*. — 2018. — № 4. — С. 25–30. DOI: 10.24000/0409-2961-2018-4-25-30

8. *Жуков И.С., Лисанов М.В.* О единых критериях допустимого риска на опасных производственных объектах// *Научно-технический сборник «Вести газовой науки»*. — 2022. — № 2 (51). — С. 82–90.

9. *Пособие по обследованию и проектированию зданий и сооружений, подверженных воздействию взрывных нагрузок*. — М.: АО «ЦНИИПромзданий», 2000. — 87 с.

10. *СП 296.1325800.2017.* Свод правил. Здания и сооружения. Особые воздействия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/555600219> (дата обращения: 22.11.2022).

11. *СП 43.13330.2012.* Свод правил. Сооружения промышленных предприятий. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092709> (дата обращения: 22.11.2022).

12. *СП 56.13330.2021.* Свод правил. Производственные здания. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728193558> (дата обращения: 22.11.2022).

13. *ГОСТ Р 57818—2017.* Нормы проектирования зданий и сооружений газоперерабатывающей промышленности. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157213> (дата обращения: 22.11.2022).

14. *ГОСТ 27751—2014.* Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115736> (дата обращения: 22.11.2022).

15. *UFC 3-340-02.* Unified Facilities Criteria/ Structures To Resist The Effects Of Accidental Explosions, With Change 2. URL: https://wbdg.org/FFC/DOD/UFC/ufc_3_340_02_2008_c2.pdf (дата обращения: 22.11.2022).

16. *Burgan B.A., Pilpidou A.* Technical Note 14 — Design of Low to Medium Rise Buildings against External Explosions. — Ascot: FABIG, 2018. — 164 p.

17. *Van der Meer L.J.* Dynamic response of high-rise building structures to blast loading. URL: <https://pure.tue.nl/ws/files/46918713/637345-1.pdf> (дата обращения: 22.11.2022).

18. *Design of blast resistant buildings in petrochemical facilities*. — 2nd Ed. — New York: ASCE, 2010. — 306 p. DOI: 10.1061/9780784410882

19. *Об Основах государственной политики Российской Федерации в области промышленной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу*: Указ Президента Рос. Федерации от 6 мая 2018 г. № 198. URL: <https://docs.cntd.ru/document/557306107> (дата обращения: 22.11.2022).

risk@safety.ru

*Материал поступил в редакцию 9 ноября 2022 г.
Доработанная версия — 24 ноября 2022 г.*

«Bezopasnost Truda v Promyshlennosti»/ «Occupational Safety in Industry», 2022, № 11, pp. 85–92.
DOI: 10.24000/0409-2961-2022-11-85-92

On the Improvement of Regulatory Requirements for the Structures of Buildings and Structures at Explosive and Fire Hazardous Production Facilities

K.V. Avdeev, Deputy General Director, Chief Engineer

V.V. Bobrov, Cand. Sci. (Eng.), Functional Manager, Sector Leader

D.I. Levin, Engineer

Central Research and Design and Experimental Institute of Industrial Buildings and Structures TsNIIPromzdaniy

M.V. Lisanov, Dr. Sci. (Eng.), Director of Risk Analysis Center, risk@safety.ru

ZAO NTTs PB, Moscow, Russia

E.E. Nevskaya, Cand. Sci. (Eng.), Senior Research Assistant
ANO Industrial Risk Research Agency, Moscow, Russia

Abstract

The general approach to the industrial safety of capital construction projects in Russia, the EU countries, the USA is provided based on an analysis of the requirements in terms of explosion-proof design of buildings and structures. The analysis was carried out in order to determine the requirements for the construction of buildings and structures requiring revision or cancellation in order to harmonize Russian regulatory technical documents in construction and industrial safety with the foreign ones. The relevance of the chosen topic is determined by its compliance with the main goals and objectives of the state policy of Russia in the field of industrial safety, aimed at consistently reducing the risk of accidents at industrial facilities and minimizing their negative consequences.

The list of the main current regulatory and technical documents of the EU countries and the USA with the main requirements for the explosion resistance of buildings and structures and the assessment of explosive impact is presented. The methodology for calculating the explosive loads on buildings and structures is briefly described. It is shown how the response of a structure to the impact of an explosion is determined within the framework of a foreign approach. The main proposals for the creation of new requirements and updating previously approved Russian codes of practice in construction have been developed and compiled. The results of the implementation of the submitted proposals will contribute to improving the efficiency of the processes of domestic industrial construction of buildings and structures, updating the regulatory and technical base, ensuring the safety of hazardous production facilities. Also, it will maintaining the compliance of buildings and structures with their functional purpose, reducing the risk of harm to health, property of individuals or legal entities, public or municipal property and the natural environment.

Key words: regulatory requirements, buildings, structures, explosive loads, explosion safety, industrial safety, mechanical safety, dynamic calculation method, hazardous production facility.

References

1. Technical regulations on safety of buildings and structures (as amended on July 2, 2013): Federal law of December 30, 2009 № 384-FZ. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902192610> (accessed: November 22, 2022). (In Russ.).
2. On industrial safety of hazardous production facilities: Federal Law of July 21, 1997 № 116-FZ. 23-e izd., ispr. i dop. Moscow: ZAO NTTs PB, 2022. 52 p. (In Russ.).
3. General rules for explosion safety for fire and explosion hazardous chemical, petrochemical and oil refining facilities: Federal rules and regulations in the field of industrial safety. Ser. 09. Iss. 37. Moscow: ZAO NTTs PB, 2022. 140 p. (In Russ.).
4. Methods for substantiating the explosion resistance of buildings and structures during explosions of fuel-air mixtures at hazardous production facilities: Safety Guide. Ser. 27. Iss. 17. Moscow: ZAO NTTs PB, 2020. 56 p. (In Russ.).
5. Methodology for assessing the consequences of accidental explosions of fuel-air mixtures: Safety Guide. Ser. 27. Iss. 15. Moscow: ZAO NTTs PB, 2019. 44 p. (In Russ.).
6. Lisanov M.V., Zhukov I.S., Bazaliy R.V. Criteria for Buildings and Structures Blast Resistance at Hazardous Production Facilities. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2019. № 5. pp. 40–46. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2019-5-40-46
7. Bazaliy R.V., Nevskaya E.E., Churkin G.Yu. Problems of Substantiation of Buildings and Structures Blast Resistance at Hazardous Production Facilities. *Bezopasnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2018. № 4. pp. 25–30. DOI: 10.24000/0409-2961-2018-4-25-30
8. Zhukov I.S., Lisanov M.V. About the unity of acceptable risk criteria at hazardous production facilities. *Nauchno-tekhnicheskii sbornik «Vesti gazovoy nauki» = Scientific-Technical Collection Book «Gas Science Bulletin»*. 2022. № 2 (51). pp. 82–90. (In Russ.).
9. Manual for the survey and design of buildings and structures exposed to explosive loads. Moscow: AO «TsNIIPromzdaniy», 2000. 87 p. (In Russ.).
10. SP 296.1325800.2017. Buildings and structures. Accidental actions. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/555600219> (accessed: November 22, 2022). (In Russ.).
11. SP 43.13330.2012. Constructions of the industrial enterprises. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200092709> (accessed: November 22, 2022). (In Russ.).
12. SP 56.13330.2021. Production buildings. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/728193558> (accessed: November 22, 2022). (In Russ.).
13. GOST R 57818—2017. Design standards of buildings and constructions for gas processing industry. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200157213> (accessed: November 22, 2022). (In Russ.).
14. GOST 27751—2014. Reliability for constructions and foundations. General principles. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200115736> (accessed: November 22, 2022). (In Russ.).
15. UFC 3-340-02. Unified Facilities Criteria/ Structures To Resist The Effects Of Accidental Explosions, With Change 2. Available at: https://wbdg.org/FFC/DOD/UFC/ufc_3_340_02_2008_c2.pdf (accessed: November 22, 2022). (In Russ.).
16. Burgan B.A., Pilpilidou A. Technical Note 14 — Design of Low to Medium Rise Buildings against External Explosions. Ascot: FABIG, 2018. 164 p.
17. Van der Meer L.J. Dynamic response of high-rise building structures to blast loading. Available at: <https://pure.tue.nl/ws/files/46918713/637345-1.pdf> (accessed: November 22, 2022).
18. Design of blast resistant buildings in petrochemical facilities. 2nd Ed. New York: ASCE, 2010. 306 p. DOI: 10.1061/9780784410882

19. On the Fundamentals of the State Policy of the Russian Federation in the Field of Industrial Safety for the Period up to 2025 and Beyond: Decree of the President of the Russian Feder-

ation of May 6, 2018 № 198. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/557306107> (accessed: March 25, 2022). (In Russ.).

Received November 9, 2022

In final form — November 24, 2022

По страницам научно-технических журналов

ноябрь 2022 г.

Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций (научный информационный сборник)

Фролова Н.А. Анализ несчастных случаев в промышленных секторах Дальневосточного региона и пути решения проблемы безопасности. — 2022. — № 2. — С. 101–104.

Приведен анализ инцидентов и несчастных случаев, рассчитанных для реальных секторов экономики Дальневосточного федерального округа с учетом рекомендаций Европейского агентства по безопасности.

Традиционные и перспективные методы обеспечения промышленной безопасности высокорисковых производств боеприпасной отрасли/ Н.А. Махутов, П.М. Морозов, С.А. Чевиков и др. — 2022. — № 3. — С. 5–13.

Анализируются основы, методы и системы комплексного обеспечения промышленной безопасности с использованием общегосударственных и отраслевых традиционных существующих и новых требований, соблюдение которых обеспечивает высокую эффективность комплексов обеспечения, анализа, регулирования, надзора и повышения безопасности опасных производственных процессов и объектов. Предложены пути и возможности решения этих проблем на базе совершенствования методов управления безопасностью и рисками.

Риск-ориентированный подход к обоснованию инвестиционных решений по предупреждению чрезвычайных ситуаций/ С.С. Чеботарев, А.И. Овсяник, М.В. Данилина и др. — 2022. — № 3. — С. 13–17.

Анализируется риск-ориентированный подход к обоснованию инвестиционных решений по предупреждению чрезвычайных ситуаций на примере лесных пожаров. Предложены подходы количественного учета рисков, которые основываются на выборе в качестве целевого критерия либо снижения математического ожидания ущерба от негативных факторов ЧС, либо снижения вероятности негативных событий. Данный подход продемонстрирован в рамках модели.

Седнев В.А., Дроздов Д.А., Сергеенкова Н.А. Основные требования по сохранению окружающей среды труднодоступных районов арктической зоны при использовании энергии взрыва для утилизации металлического лома. — 2022. — № 3. — С. 24–30.

На основе ранее проведенных исследований по определению состава газообразных продуктов взрыва после применения взрывчатых веществ обоснова-

ны требования по сохранению окружающей среды труднодоступных районов Арктической зоны при использовании энергии взрыва для утилизации металлического лома.

Берестевич М.О., Калайдов А.Н., Копытов Д.О. Управление природно-техногенным риском с использованием программно-технического комплекса обеспечения природно-техногенной безопасности. — 2022. — № 3. — С. 61–74.

Предложен подход к анализу потока данных о территориальных рисках для оценивания и управления природно-техногенной безопасностью, основанный на учёте максимального количества факторов, влияющих на вероятность возникновения и масштаб деструктивных событий. Приведены схема компонентов управления природно-техногенными рисками, симбиоз матричного метода оценки риска с методом построения диаграмм, принципы информационного обеспечения оценки территориальных рисков на основе формирования справочных медиаресурсов и применения современных технологий консолидации и обработки мониторинговых данных. Предлагается метод построения матриц рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Впервые были получены новые научные результаты: векторноматричная модель оценки характерных региональных рисков возникновения чрезвычайных ситуаций; алгоритм планирования региональных программ по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на основе модели оценки характерных рисков.

Пожарная безопасность (научно-технический журнал)

Диффузионное горение жидкого водорода в открытой атмосфере/ А.П. Чугуев, В.П. Некрасов, А.Н. Сычев, А.А. Шаршунский. — 2022. — № 2. — 92–97.

Работа посвящена изучению параметров диффузионного пламени жидкого водорода, возникающего в результате нештатной ситуации с проливом жидкости из технологического оборудования на различные поверхности. Полученные экспериментальные данные по горению жидкого водорода позволили предложить в целях практического применения аналитические зависимости для оценки параметров диффузионного пламени водорода, обычно возникающего после аварийного пролива жидкости на различные поверхности.