

5. *V Nigerii buldozer stal prichinoy vzryva na nefteprovode* (The Bulldozer Became the Cause of Explosion on the Oil Pipeline in Nigeria). Available at: <http://www.finmarket.ru/news/842030> (accessed: January 13, 2017).

6. *SPBU Perro Negro 6 Saipem zatonula u beregov Angoly* (Self-Elevating Floating Drilling Rig Perro Negro 6 Saipem had Sunk at the Coast of Angola). Available at: <http://neftegaz.ru/news/view/111318-SPBU-Perro-Negro-6-Saipem-zatonula-u-beregov-Angoly> (accessed: January 13, 2017).

7. GFDRR (Global Facility for Disaster Reduction and Recovery). *Managing Disaster Risks for a Resilient Future: A Strategy for the Global Facility for Disaster Reduction and Recovery 2013–2015*. The World Bank, Washington, D.C., 2012. Available at: https://www.gfdr.org/sites/gfdr/files/publication/GFDRR_Strategy_Endorsed_2012.pdf (accessed: January 13, 2017).

8. Oil Pollution Act of 1990. As Amended Through P.L. 106–580, Dec. 29, 2000. Available at: <http://www.epw.senate.gov/opa90.pdf> (accessed: January 13, 2017).



Е.Е. Невская,
мл. науч. сотрудник,
e.nevskaya@safety.ru



Е.В. Глебова,
д-р техн. наук,
проф.

Автономная некоммерческая организация «Агентство исследований промышленных рисков», Москва, Россия

РГУ нефти и газа (НИУ) им И.М. Губкина, Москва, Россия

УДК 629.039.58

© Е.Е. Невская, Е.В. Глебова, 2017

Анализ способов и средств повышения уровня защиты зданий и сооружений от действия ударных волн

Приведены обобщенные принципы взрывозащиты и предотвращения взрыва. Рассмотрены методы повышения устойчивости зданий. Проанализированы средства ослабления действия ударных волн из разных областей знаний с точки зрения их применимости на существующих взрывопожароопасных объектах нефтегазового комплекса.

Ключевые слова: взрыв, ударно-волновые нагрузки, взрывозащита, топливно-воздушная смесь, устойчивость зданий и сооружений, защита зданий.

Введение

Анализ аварийности показывает, что большинство крупных аварий связано со взрывами топливно-воздушных смесей (ТВС) с последующим разрушением зданий и сооружений на опасных производственных объектах (ОПО) [1–3]. Обращение на предприятиях нефтегазовой отрасли и нефтехимии опасных веществ (ОВ) (получение, использование, переработка, хранение, транспортирование) провоцирует угрозу выброса ОВ в атмосферу и образование облаков ТВС, что предопределяет необходимость оценки опасности взрыва и устойчивости зданий и сооружений при взрывных нагрузках. Общие требования к обоснованию устойчивости зданий и сооружений к действию ударной волны (УВ), в соответствии с требованиями промышленной безопасности, указаны в Федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (далее — Правила), утвержденных приказом Ростехнадзора от 11 марта 2013 г. № 96, в Федеральном законе от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», а также в Руководстве по безопасности «Методы обоснования взрывоустойчивости зданий и сооружений при взрывах топлив-

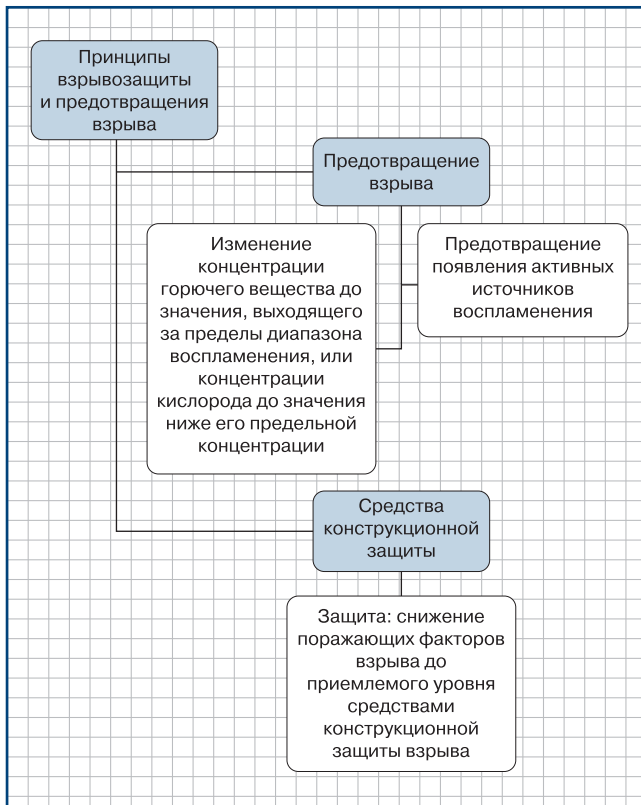
но-воздушных смесей на опасных производственных объектах» (далее — Руководство) [4].

В Руководстве приведены следующие термины взрывоустойчивости и взрывозащиты с соответствующими определениями: взрывоустойчивость — свойство зданий и сооружений сохранять с заданной вероятностью устойчивость к взрывам от аварий на ОПО; взрывозащита — меры, предотвращающие воздействие на обслуживающий персонал, технологическое оборудование, а также здания и сооружения опасных и вредных факторов взрыва, основными из которых являются:

- максимальное избыточное давление ΔP_{ϕ} ;
- обрушающиеся конструкции зданий, оборудования, коммуникаций и разлетающиеся их части;
- опасные факторы пожара (открытый огонь и искры, токсичные продукты горения, дым и другие факторы) [4].

На рис. 1 приведены базовые принципы взрывозащиты и предотвращения взрыва, согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 31438.1–2011 (EN 1127-1:2007) «Взрывоопасные среды. Взрывозащита и предотвращение взрыва. основополагающая концепция и методология». В основу принципов взрывозащиты, представленных на рис. 1, заложена методология анализа риска. Исходя из методологии

анализа риска для обоснования защиты персонала, постоянно находящегося в здании операторной, целесообразно проводить количественную оценку риска.

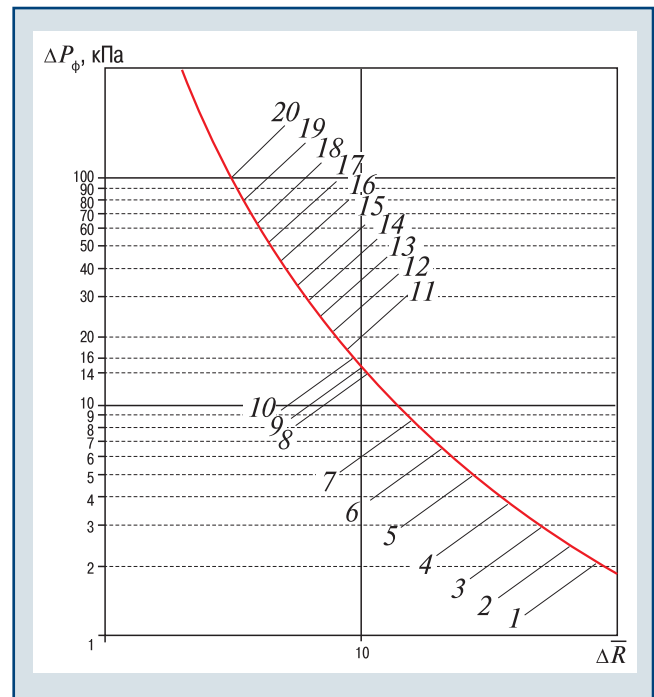


▲ Рис. 1. Основные принципы взрывозащиты

Для уменьшения последствий взрыва возможно применение как одного из приведенных выше принципов, так и их комбинаций. Однако предупреждение неконтролируемого выброса взрывоопасных веществ — приоритетная мера по предотвращению взрывов.

Проблемы повышения устойчивости оборудования, зданий и сооружений и обеспечения защищенности персонала от основного поражающего фактора взрыва — действия фронта УВ — становятся все более актуальными, так как большинство зданий на объектах нефтегазовой отрасли функционирует еще с середины XX в. Поражающие факторы взрыва связаны с механическим воздействием на конструкции и людей динамического импульса в виде УВ и разлетающимися осколками, выделением тепла, которое может вызвать пожары, и с колебаниями почвы (сейсмозрывное воздействие). На основе данных, приведенных в [5, 6], составлена номограмма (рис. 2) для зданий и сооружений, не рассчитанных на действие УВ. Ниже расшифрована степень поражения, соответствующая цифрам на графике (1 — повреждение некоторых стекол; 2 — разрушение более 10 % стекол, мелкие повреждения конструкций; 3 — разрушение более 50 % стекол; 4 — очень легкие повреждения конструкций, повреждение элементов фронтона; 5 — разрушение более

75 % стекол и разрушение оконных рам; 6 — повреждение и разрушение стекол, частичное повреждение зданий; 7 — полное разрушение стекол, частичное разрушение жилых домов; 8 — серьезное повреждение конструкций; 9 — частичное обрушение стен и черепичной кровли; 10 — разрушение машин в производственных зданиях; 11 — разрушение 50 % жилых домов; 12 — разрыв легких стальных рам; 13 — разрыв резервуаров-хранилищ; 14 — разрушение легких построек с металлическим каркасом; 15 — разрушение опор; 16 — полное разрушение жилых домов; 17 — опрокидывание железнодорожных вагонов; 18 — серьезные повреждения машин в производственных зданиях; 19 — разрушение стен из армированного бетона; 20 — полное разрушение зданий, смертельное поражение человека).



▲ Рис. 2. Номограмма степени поражения людей и конструкций в зависимости от приведенного расстояния

Рассмотрен наземный взрыв концентрированных ОВ в неограниченном пространстве. Исходные данные для определения параметров УВ — масса взрывчатого вещества $M_{в.в.}$ (кг) и расстояние от центра взрыва до рассматриваемой точки R (м). Параметры УВ зависят от приведенного расстояния:

$$\bar{R} = \frac{R}{\sqrt[3]{Q_{эф}}}$$

где $Q_{эф}$ — эффективная масса,

$$Q_{эф} = (1 - \varepsilon)\alpha M_{в.в.},$$

где ε — доля энергии взрыва, расходуемой на образование воронки; α — отношение удельной энергии взрыва ОВ к удельной энергии тротила.

С помощью номограммы (см. рис. 2) есть возможность оценить степень поражения людей и конструкций при различных значениях ударно-волновых нагрузок в зависимости от приведенного расстояния.

Общие принципы и подходы к повышению взрывоустойчивости

Рекомендации по обоснованию взрывоустойчивости зданий и сооружений базируются на методах количественного анализа риска взрыва. Обязательные требования к проведению количественной оценки риска, расчета зон поражения и риска разрушения зданий, применению критериев взрывоустойчивости зданий содержатся в подпунктах 2.1, 10.5 и приложении 3 Правил, пп. 4, 12 и раздела 4 Руководства [4], а также в требованиях к разработке деклараций промышленной безопасности. Согласно [4] выполнение количественного анализа риска взрыва включает: моделирование аварийного истечения и распространения ОВ при всех возможных сценариях аварийной разгерметизации оборудования и воспламенении облаков ТВС; построение деревьев событий развития аварий, сопровождающихся взрывом, с определением вероятностей исходных и конечных событий; расчет размеров зон разрушения при воздействии УВ при аварийных взрывах ТВС; расчет показателей риска взрыва ТВС, включающих оценку частоты превышения заданных значений на фронте падающей УВ для зданий и сооружений на территории ОПО. Помимо перечисленных рассчитанных показателей, результатом количественной оценки риска взрыва могут быть профили давления и пиковые значения избыточного давления, продолжительность и форма импульса падающей УВ, оказывающей барическое воздействие на соседние установки, помещения операторных и зданий административного назначения при различных сценариях взрыва.

По итогам расчетов и оценки показателей риска взрыва полученное значение частоты превышения расчетного давления сравнивают с критериальным и делают вывод об обоснованности проектных решений. Согласно Руководству [4] рекомендуемая величина допустимой частоты воздействия взрыва на здание не должна превышать $1 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹. Для оценки устойчивости конструктивных элементов объекта проводят дополнительные расчеты по распределению давления падающей УВ на его поверхности.

При проектировании сооружений, способных выдерживать внешние взрывные и ударные нагрузки, основная цель — защита людей, присутствующих в здании. Главная задача — стремление предотвратить возможность катастрофического разрушения всего здания или его значительной части. Тот же принцип распространяется и на защитные устройства, проектируемые во взрывостойком исполнении. Для функционирующих производств технические решения по повышению взрывоустой-

чивости зданий целесообразно применять в случае, когда проектное конструктивное исполнение здания не обеспечивает его взрывоустойчивости в предполагаемом месте размещения, а перенос здания невозможен по технологическим причинам или экономически нецелесообразен [7].

Повышение допустимых ударно-волновых нагрузок для зданий операторных можно достичь увеличением взрывоустойчивости отдельных конструктивных элементов здания или усилением взрывозащиты (УВЗ) здания в целом. Основные способы УВЗ, согласно [7], приведены ниже:

- выбор конструкции здания, устойчивого к параметрам взрывной волны в месте его предполагаемого расположения (степень разрушения: средняя или слабая);

- размещение здания заданной конструкции на расстоянии от предполагаемого эпицентра взрыва, на котором оно устойчиво к возникающим взрывным нагрузкам;

- отражение УВ путем размещения между эпицентром взрыва и защищаемым зданием преград в виде твердых прочных стен или барьеров из грунта, песка, бетона, стальных и композиционных материалов;

- поглощение энергии УВ путем размещения между эпицентром взрыва и защищаемым зданием преград с деформируемыми или разрушаемыми структурами;

- снижение интенсивности падающей УВ путем размещения перед зданием или прямо на его стенах отбегателей;

- размещение защищаемого здания в противозрывном укрытии.

Все перечисленные выше способы УВЗ отнесены к пассивным мерам защиты (ПМЗ), так как основной принцип их действия заключается в ослаблении разрушительного действия взрыва, повышении устойчивости защищаемого объекта к взрывным нагрузкам. Активными мерами защиты (АМЗ) принято считать: контроль за накоплением взрывоопасных паров, аварийное вентилирование помещений, флегматизацию взрывоопасной среды, сброс давления через предохранительные клапаны, автоматические системы подавления взрыва при его зарождении путем введения в очаг взрыва огнегасящего средства и др.

Активные и пассивные меры УВЗ способны подавлять взрыв в замкнутых объемах и на открытых площадках, однако действие ПМЗ на открытых площадках более эффективно.

Использование АМЗ возможно лишь при локальных взрывах малой и ограниченной мощности. Применение ПМЗ более эффективно, так как в случае крупных и масштабных промышленных аварий их использование позволяет обеспечить безопасность оборудования и сооружений при взрывах с различных направлений.

Анализ существующих типов ПМЗ

Область пожарной и промышленной безопасности не единственная, в которой рассматриваются вопросы защиты людей и оборудования от действия УВ при взрывах. Вопросы УВЗ широко используются в таких отраслях знаний, как взрывные работы в горном деле и промышленности, противодействие терроризму и гражданская оборона, военное дело, промышленное и гражданское строительство.

Предотвращение инцидентов и аварий, снижение производственного травматизма входят в концепцию установления приемлемой безопасности на угольных шахтах. Основные мероприятия по взрывобезопасности направлены на снижение и устранение риска взрыва метана и угольной пыли путем непрерывного контроля за состоянием атмосферы горных выработок. Однако в соответствии с требованиями Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» на шахтах, опасных по газу и разрабатывающих пласты, опасные по взрывам пыли, должны осуществляться мероприятия по предупреждению и локализации взрывов угольной пыли: применение инертной пыли (сланцевая пылевзрывозащита), воды или смачивающих составов (гидропылевзрывозащита), воды и инертной пыли (комбинированная пылевзрывозащита). Наличие таких требований обусловлено невозможностью обеспечить абсолютную надежность всех средств предупреждения взрывов метана и угольной пыли в шахтах.

Пассивные меры защиты в виде перечисленных выше методов пылевзрывозащиты в угольных шахтах представляют собой способы уменьшения интенсивности УВ в момент ее образования путем возведения на ее пути взрыволокализирующих заслонов, с помощью которых изолируются наиболее вероятные очаги взрывов. Основные причины затухания УВ в подземных горных выработках и каналах — диссипация энергии в воздухе и трение воздуха о поверхность выработки [8]. До настоящего времени в России и странах ближнего зарубежья в качестве базовых средств пылевзрывозащиты используют водяные и сланцевые заслоны, они наиболее распространены и достаточно просты в конструктивном исполнении. Взрыволокализирующее действие водяных и сланцевых заслонов заключается в создании гасящей среды на пути распространяющегося фронта пламени (ФП) от взрыва угольной пыли, представляющей собой облако распыленного пламегасящего вещества (вода, инертная пыль), которое образуется при воздействии на заслон УВ от взрыва.

Эффективность реализации действия взрывозащитных заслонов обеспечивается при выполнении нескольких условий. Во-первых, необходимо осуществление полного перевода всей массы инертной пыли или воды во взвешенное состояние,

во-вторых, сохранение инертной пыли (воды) во взвешенном состоянии до момента прихода ФП. Первое условие будет выполняться тогда, когда модель заслонов, представляющая собой конструкцию из полок или сосудов, расположенных особым образом, будет наиболее податлива и легка к разрушению, а само расположение заслонов находится на оптимальном расстоянии от места возникновения взрыва или входа ФП в выработку (от 100 до 220 м). Для создания надежной локализации взрывов пыли необходимо 50–150 кг инертной пыли на 1 м поперечного сечения выработки. Соответственно, чем ближе расположен заслон к вероятному месту возникновения взрыва, тем большие весовые нагрузки требуются. Второе условие достигается за счет выбора оптимального расстояния между самими заслонами, которое обычно составляет 2–3 м, и времени существования облака 0,4–0,6 с. Эффективное срабатывание сланцевых заслонов обеспечивается при скорости ФП $V_{\text{ФП}} = 80 - 235$ м/с.

Однако сравнительная простота конструкции не гарантирует эффективность сланцевых заслонов. Так, 19 марта 2007 г. на шахте «Ульяновская» (переименована в «Усковскую» в 2012 г.), расположенной в Новокузнецке Кемеровской обл., произошла крупная авария. При действии УВ, возникшей вследствие взрыва метановоздушной среды в нижней части отработанной лавы, все сланцевые заслоны были разбиты и сланцевая пыль рассыпана по горной выработке, однако взрыв угольной пыли не только не был локализован, но продолжал развиваться, увеличивая свою мощность и, соответственно, скорость распространения. Ввиду малой эффективности сланцевых заслонов не выполнили своей основной функции. В то же время на шахте «Ульяновская» использовались и современные автоматические системы взрывоподавления — локализации взрывов АСВП-ЛВ. Однако из десяти установленных сработали только пять данных систем в связи с размещением в местах, где ударно-воздушная волна (УВВ) не достигла порога срабатывания. Технические параметры АСВП-ЛВ обеспечивают локализацию взрыва метана и угольной пыли, ФП которого распространяется со скоростью $V_{\text{ФП}} = 40 - 660$ м/с [9]. Схема действия системы АСВП-ЛВ показана на рис. 3.

Несмотря на теоретически и экспериментально доказанные преимущества использования водяных заслонов в качестве устройств по снижению давления на фронте УВ, применение данного типа устройств для объектов нефтегазовой отрасли нерационально. Первый аргумент против — это то, что габариты средств защиты в виде гидравлической перемычки не позволяют разместить их в непосредственной близости от источника взрыва в условиях плотного размещения оборудования промышленных объектов. Вторым весомым аргументом заключается в неэффективности разрушающихся гидравлических заслонов на открытых площадках



▲ Рис. 3. Схема срабатывания системы АСВП-ЛВ

в случае объемных взрывов облаков ТВС. Немаловажным фактором выступает и невозможность использования таких заслонов в зимний период.

Методы гражданской обороны, такие как предотвращение и смягчение последствий от чрезвычайных ситуаций, быстрое реагирование и аварийная эвакуация в случае возникновения угрозы взрыва, пожара, химических атак, подготовка и планирование мероприятий по ликвидации последствий, также применимы в области промышленной безопасности. Вопросы защиты зданий и людей от поражающих факторов взрыва широко рассмотрены в работе [10], где сформулированы основные требования, предъявляемые к убежищам гражданской обороны как эффективному средству обеспечения безопасности в случае техногенной или военной угрозы. Классификационные признаки убежищ определяются рядом параметров, на основании выборки которых принимают конструктивные решения для защитного укрытия, являющегося сооружением бункерного типа. Динамическая нагрузка от действий УВ преимущественно приходится на фронтальную стену модели убежища, в результате встречи волны сжатия с такой преградой происходит ее отражение, таким образом обеспечивается безопасность людей, находящихся внутри него.

Использование моделей защитных устройств в виде убежищ применимо в гражданском строительстве и направлено на выполнение основной функции — защиты людей от поражающих факторов взрыва, однако такие отдельно стоящие конструкции не обеспечивают безопасность других близкорасположенных объектов, а, наоборот, могут усилить воздействие факторов взрыва. Строительство убежищ на промышленных объектах нефтегазового комплекса осуществимо только при возведении новых или при масштабном перевооружении существующих, так как габариты таких сооружений не позволяют их применять на уже функционирующих объектах.

До недавнего времени наука о гражданской обороне преимущественно рассматривала вопросы обеспечения безопасности населения от возмож-

ных средств массового поражения, таких как взрыв ядерного боеприпаса, действие отравляющих веществ и бактериальных средств, в настоящее время первое место среди возможных угроз безопасности занимают терроризм и экстремизм.

Угроза террористических актов в полной мере требует реализации мероприятий по защите стен зданий и сооружений различного функционального назначения от взрывов различной мощности. Наиболее эффективными техническими средствами защиты стен от взрывов повышенной мощности называют следующие системы [11]:

система № 1: баллистическая ткань с энергопоглощающими анкерными элементами (ЭАЭ) — обеспечивает высокий уровень взрывостойкости;

система № 2: металлические панели с ЭАЭ — гарантирует высокий уровень взрывостойкости;

система № 3: металлические панели с ЭАЭ в комбинации со стальной сеткой — обеспечивает максимальный уровень взрывостойкости.

В случае локального или внутреннего взрыва предложенные типы конструкции наиболее эффективны, однако такие средства защиты не обладают требуемой защищенностью при воздействии взрывной волны на все здание.

В военной науке также рассмотрены вопросы обеспечения безопасности от воздействия ударно-волновых нагрузок. Наука об искусственных закрытиях и преградах — фортификация — предлагает в качестве средств защиты использовать простейшие сооружения открытого типа: окопы, щели, траншеи и ходы с встроенными над ними увлажненными грунтовыми перекрытиями, которые значительно снижают поражающее воздействие УВ. Но в соответствии с подпунктом 10.2 Правил на территории предприятия, имеющего в составе взрывопожароопасные производства, не допускается наличие оврагов, выемок, низин, устройств открытых траншей, котлованов и приямков, так как в них возможно скопление взрывопожароопасных паров и газов.

Заключение

Исходя из проведенного анализа можно сделать вывод, что в настоящее время нет универсального защитного устройства, способного эффективно снизить интенсивность падающей УВ и удовлетворить требованиям по его размещению в условиях плотной застройки объектов нефтегазового комплекса. Одним из направлений обеспечения взрывоустойчивости зданий и защиты находящихся в них людей является создание защитной конструкции комбинированного типа, поглощающей энергию УВ при взрывах ТВС на ОПО.

Список литературы

1. Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2016. — № 5 (86). — 78 с.

2. *Количественный анализ риска при обосновании взрывоустойчивости зданий и сооружений*/ Д.В. Дегтярев, М.В. Лисанов, С.И. Сумской, А.А. Швыряев// *Безопасность труда в промышленности*. — 2013. — № 6. — С. 82–89.

3. *Расчет зон разрушения зданий и сооружений при взрывах топливно-воздушных смесей на опасных производственных объектах*/ К.В. Ефремов, М.В. Лисанов, А.С. Софьин и др.// *Безопасность труда в промышленности*. — 2011. — № 9. — С. 70–77.

4. *Методы обоснования взрывоустойчивости зданий и сооружений при взрывах топливно-воздушных смесей на опасных производственных объектах*: рук. по безопасности: приказ Ростехнадзора от 13 мая 2015 г. № 189. — Сер. 27. — Вып. 17. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2016. — 56 с.

5. *Бирбраер А.Н., Роледер А.Ю.* Экстремальные воздействия на сооружения. — СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. — 594 с.

6. *СТО Газпром 2-2.3-400—2009.* Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром». — М.: ООО «Газпром экспо», 2010.

7. *Грановский Э.А., Норка З.М.* Принятие решений о достаточной устойчивости производственных зданий к аварийным взрывам на основе анализа риска поражения находящихся в них людей. — Донецк: ООО «Научный центр изучения рисков «РИЗИКОН».

8. *Русских В.В., Яворский А.В., Яворская Е.А.* Параметры взрывозащитных устройств для гашения ударных воздушных волн при подземной добыче руд: моногр. — Днепропетровск: НГУ, 2012. — 93 с.

9. *Исаев И.Р.* Обоснование рациональных параметров средств локализации взрывов метана и пыли с целью повышения безопасности труда в угольных шахтах: дис. ... канд. техн. наук. — М., 2014. — 245 с.

10. *Убежища гражданской обороны.* Конструкции и расчет/ В.А. Котляревский, В.И. Ганушкин, А.А. Костин, В.И. Ларионов. — М.: Стройиздат, 1989. — 606 с.

11. *Технические средства защиты стен зданий и сооружений от взрывов повышенной мощности.* URL: <http://www.vst-st.ru/tszs.html/> (дата обращения: 26.12.2016).

e.nevskaya@safety.ru

Материал поступил в редакцию 28 декабря 2016 г.

«*Bezопасnost Truda v Promyshlennosti*»/ «*Occupational Safety in Industry*», 2017, № 2, pp. 73–78.

Analysis of Ways and Means of Increase of Buildings and Structures Protection Level from Blast Waves Effect

Information about the Author

E.E. Nevskaya, Junior Researcher, e.nevskaya@safety.ru

Autonomous Noncommercial Organization «Industrial Risk Research Agency», Moscow, Russia

E.V. Glebova, Doctor of Technical Sciences, Professor
I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow, Russia

Abstract

Assessment of explosion hazard at the enterprises of oil and gas and petrochemical industry at handling hazardous substances is given.

Within the frame of research the main requirements of the federal norms and regulations, safety guides, inter-state standards in the field of industrial safety to substantiation of buildings and structures resistance at blast loads are presented. The summarized principles of explosion protection and prevention are provided. The methods of buildings resistance increase are considered. It is established that the recommendations on substantiation of buildings and structures blast resistance are based on the methods of blast quantitative risk assessment. The means of weakening action of the blast waves are analyzed from different fields of knowledge as regards their applicability at the existing explosion and fire hazardous objects of oil and gas complex.

Key words: blast, blast-wave loads, explosion protection, fuel and air mixture, buildings resistance, buildings protection.

References

1. *Informacionnyj bjulleten Federalnoj sluzhby po jekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru* (Information Bulletin of the Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service). Moscow: ZAO NTC PB, 2016. № 5 (86). 78 p.

2. Degtjarev D.V., Lisanov M.V., Sumskoj S.I., Shvyryaev A.A. *Bezопасnost truda v promyshlennosti = Occupational safety in industry*. 2013. № 6. pp. 82–89.

3. Efreinov K.V., Lisanov M.V., Sofin A.S., Samuseva E.A., Sumskoj S.I., Kirienko A.P. *Bezопасnost truda v promyshlennosti = Occupational safety in industry*. 2011. № 9. pp. 70–77.

4. *Metody obosnovanija vzryvoustojchivosti zdaniy i sooruzhenij pri vzryvah toplivno-vozdushnyh smesej na opasnyh proizvodstvennyh objektah: ruk. po bezопасnosti: prikaz Rostehnadzora ot 13 maja 2015 g. № 189* (Methods of Substantiation of Buildings and Structures Blast Resistance at Explosions of Fuel and Air Mixtures at Hazardous Production Facilities, Safety Guide, Decree of Rostechnadzor of May 13, 2015, № 189). Ser. 27. Iss. 17. Moscow: ZAO NTC PB, 2016. 56 p.

5. Birbraer A.N., Roleder A.Ju. *Jekstremalnye vozdejstvija na sooruzhenija* (Extreme Effects on the Structures). SPb: Izd-vo Politehn. un-ta, 2009. 594 p.

6. *СТО Газпром 2-2.3-400—2009. Metodika analiza riska dlja opasnyh proizvodstvennyh objektov gazodobyvajushih predpriyatij OAO «Газпром»* (STO Gazprom 2-2.3-400—2009. Methods of Risk Assessment for Hazardous Production Facilities of Gas Processing Enterprises of OAO Gazprom). Moscow: ООО «Газпром экспо», 2010.

7. Granovskij Je.A., Norka Z.M. *Prinjatje reshenij o dostatochnoj ustojchivosti proizvodstvennyh zdaniy k avarijnym vzryvam na osnove analiza riska porazhenija nahodjashhhsja v nih ljudej* (Taking a Decision on Sufficient Resistance of Production Buildings to Emergency Explosions on the Basis of Risk Analysis of Exposure of People Staying in them). Donetsk: ООО «Nauchnyj centr izuchenija riskov «РИЗИКОН».

8. Russkih V.V., Javorskij A.V., Javorskaja E.A. *Parametry vzryvozashhitnyh ustrojstv dlja gashenija udarnykh vozdushnyh voln pri podzemnoj dobyche rud: monogr* (Parameters of Explosion Proof Devices for Extinguishing of Blast Air Waves at the Underground Development of Ores: Monogram). Dnepropetrovsk: NGU, 2012. 93 p.

9. Isaev I.R. *Obosnovanie racionalnyh parametrov sredstv lokalizacii vzryvov metana i pyli s celju povyshenija bezопасnosti truda v ugolnyh shahtah: dis. ... kand. tehn. nauk* (Substantiation of Rational Parameters of Means of Localizing Methane and Dust Explosions in the Coal Mines: Thesis...Candidate of Technical Sciences). Moscow, 2014. 245 p.

10. Kotljarevskij V.A., Ganushkin V.I., Kostin A.A., Lariонов V.I. *Ubezishha grazhdanskoj oborony. Konstrukcii i raschet* (Emergency Quarters of Civil Defence. Structures and Calculation). Moscow: Strojizdat, 1989. 606 p.

11. *Tekhnicheskie sredstva zashhity sten zdaniy i sooruzhenij ot vzryvov povyshennoj moshhnosti* (Technical Protection Means of Buildings and Structures from High-Level Explosions). Available at: <http://www.vst-st.ru/tszs.html/> (accessed: December 26, 2016).



От редакции

Вниманию авторов!

За публикацию научно-технических статей плата не взимается. Вознаграждение авторам не выплачивается. Электронная версия журнала с опубликованной статьей высылается каждому автору на его e-mail.

Статьи рецензируются. Отрицательные рецензии доводятся до сведения авторов.

Журнал выпускается в свет и в электронной версии.