

О НОВОМ ПОДХОДЕ ОЦЕНКИ РИСКА К УПРАВЛЕНИЮ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

И.Г. Янковский, кандидат технических наук, доцент;

Г.В. Бушнев, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.М. Смирнова.

**Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)**

Рассмотрено одно из направлений управления безопасностью, учитывающих условия защиты персонала от воздействия поражающих факторов аварии. Предлагаемая оценка уровня защиты позволит выявить наиболее «слабые» места производств и снизить тем самым последствия их негативного воздействия. Проведен анализ действующей нормативно-законодательной базы и методологии анализа риска, выявлены особенности и недостатки, которые препятствуют широкому применению современных методов расчета и оценки риска. На основе коэффициента уровня защиты предложена методика оценки возможных последствий аварий на потенциально опасных производственных объектах.

Ключевые слова: риск, опасный производственный объект, безопасность, анализ риска, управление промышленной безопасностью, идентификация опасностей, уровень защиты

ABOUT NEW APPROACH OF RISK ESTIMATION NEAR MANAGEMENT BY INDUSTRIAL SAFETY POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS

I.G. Jankowskiy; G.V. Bushnev.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.M. Smirnova. Saint-Petersburg state technological institute (technical university)

The article deals with one of the security management areas, taking into account the conditions of the protection of personnel from exposure to damaging factors of the accident. The proposed evaluation of the security level will identify the most «weak» place of production and thus reduce the impact of their negative impact. The analysis of the existing legislative framework and risk analysis methodologies, peculiarities and shortcomings that hinder the widespread use of modern methods of calculation and risk assessment. On the basis of the level of protection ratio proposed method of estimating the possible consequences of accidents at industrial sites potentially described.

Keywords: risk, dangerous production facility, safety-ness, risk analysis, safety management, identification of hazards, level of protection

Одним из основных направлений управления промышленной безопасностью являются анализ опасности и оценка техногенного риска. В настоящее время оценка техногенного риска является единственным аналитическим инструментом, позволяющим определить опасные факторы для здоровья человека, их соотношение и на этой базе определить приоритеты деятельности по минимизации опасностей. Понятие техногенного риска всегда включает два элемента: частоту, с которой осуществляется опасное событие, последствия этого события. Применение понятия риска позволяет переводить опасность в ряд

измеряемых категорий. То есть, риск фактически есть мера опасности, а безопасность – отсутствие недопустимого риска. Риск является допустимым (приемлемым), если его величина настолько незначительна, что ради получаемой при этом выгоды в виде материальных и социальных благ человек или общество в целом готово пойти на такой риск. В зарубежной практике при решении производственных задач приемлемые техногенные риски установлены в законодательном порядке. Максимально «приемлемым» уровнем индивидуального риска гибели человека считается 10^{-6} год⁻¹. При проектировании и эксплуатации объектов допустимая вероятность отказа объекта оценивалась в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.010–76 [1], в котором указано, что «производственные процессы должны разрабатываться таким образом, чтобы вероятность возникновения взрыва на любом взрывоопасном участке в течение года не должна превышать 10^{-6} год⁻¹. В случае технической или экономической нецелесообразности обеспечения такой вероятности возникновения взрыва производственные процессы должны разрабатываться так, чтобы вероятность воздействия опасных факторов взрыва на человека в течение года не превышала 10^{-6} год⁻¹. В Российской Федерации значения «приемлемого» риска определены Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2]. Нормативные значения пожарного риска для производственных объектов в соответствии с вышеуказанным законом должны находиться в следующих пределах:

1. Величина индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях, строениях и на территориях производственных объектов не должна превышать $1 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹. При этом риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара должен определяться с учетом функционирования систем обеспечения пожарной безопасности зданий, сооружений и строений.

2. Для производственных объектов, на которых обеспечение величины индивидуального пожарного риска $1 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до $1 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹. При этом должны быть предусмотрены меры по обучению персонала действиям при пожаре и по социальной защите работников, компенсирующие их работу в условиях повышенного риска.

3. Величина индивидуального пожарного риска в результате воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, не должна превышать $1 \cdot 10^{-8}$ год⁻¹.

4. Величина социального пожарного риска в результате воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, не должна превышать $1 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹.

Вкладом в реализацию Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [3] и важным шагом на пути решения проблемы оценки риска следует считать разработку нового руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» [4]. В данном документе представлены терминология и методология анализа риска. Количественную оценку риска аварий предлагается рассматривать как определение значений числовых характеристик случайной величины ущерба (человеку, имуществу и окружающей среде) от аварий на опасных производственных объектах. В количественной оценке риска аварий оцениваются значения вероятности (частоты) и соответствующей степени тяжести последствий реализации различных сценариев аварий для жизни и здоровья человека, имущества и окружающей среды.

Для оценки риска аварий рекомендуется использовать следующие основные показатели риска:

– индивидуальный риск – ожидаемая частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых поражающих факторов аварии;

- потенциальный территориальный риск (или потенциальный риск) – частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке на площадке опасного производственного объекта (ОПО) и прилегающей территории;
- коллективный риск (или ожидаемые людские потери) – ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени;
- социальный риск (или риск поражения группы людей) – зависимость частоты возникновения сценариев аварий F , в которых пострадало на определенном уровне не менее N человек, от этого числа N . Характеризует социальную тяжесть последствий (катастрофичность) реализации совокупности сценариев аварии и представляется в графическом виде.

В соответствии с руководством по безопасности [4] анализ опасностей и оценка риска аварий на ОПО включают следующие основные этапы:

- планирование и организация анализа опасностей;
- идентификация опасностей аварий на ОПО;
- оценка риска аварий на ОПО;
- установление степени опасности аварий на ОПО и (или) определение наиболее аварийно-опасных составляющих ОПО;
- разработка рекомендаций по снижению риска аварий на ОПО.

Заключительный этап анализа опасностей и оценки риска аварий включает:

- сравнение полученных оценок риска аварий с «допустимым» риском аварий;
- разработка рекомендаций по уменьшению возможности возникновения инцидентов и (или) аварий;
- разработка рекомендаций по уменьшению тяжести последствий возможных аварий.

Необходимо отметить, что «приемлемый» (детерминированный, нормированный) риск является величиной, которая обосновывается и определяется, исходя из экономических и социальных соображений, поэтому расчет показателей риска является сложной задачей, основными недостатками которой являются:

- существующие методики оценки частот реализации исходных событий (возникновения самих аварий) сложны, громоздки и трудоемки в основном из-за отсутствия, неточности и неопределенности исходных данных;
- сложные и дорогостоящие расчеты дают значения рисков, точность которых невелика;
- методы анализа «деревьев отказов» и «деревьев событий» являются трудоемкими и требуют высокой квалификации исполнителей;
- при анализе сценариев аварий логико-графическим методом («деревьев событий») устанавливаются исполнителями экспертным путем;
- в существующих методологиях различных моделей аварийного процесса применяется ряд допущений, что в итоге приводит к значительным погрешностям.

Из отмеченных особенностей расчета показателей прогнозируемого риска можно сделать вывод, что риск как количественная мера оценки опасности не является достаточно точным инструментом и расчетные значения показателей риска для конкретного сценария аварии на ОПО представляемые в декларациях безопасности ОПО, паспортах безопасности ОПО, обоснованиях безопасности ОПО и других, не соответствуют истинным значениям.

Таким образом, полученные расчетные значения рисков, которые часто не соответствуют истинным значениям, затем сравниваются с детерминированным («приемлемым») риском. В итоге разработанные рекомендации по снижению риска могут нести поверхностный, порой формальный характер, особенно при необходимости ограничения экономических затрат на обеспечение безопасности.

К отмеченным особенностям и недостаткам оценки и анализа риска можно добавить и то обстоятельство, что общий смысл значений индивидуального риска, например 10^{-5} или 10^{-8} год⁻¹, понятен только узкому кругу специалистов.

В целях устранения отмеченных недостатков предлагается использовать метод, в основу которого положены не расчетные значения рисков, а уровень защиты персонала ОПО от воздействия поражающих факторов аварий, учитывающий место нахождения обслуживающего персонала в аварийных ситуациях, и наличие средств для его защиты с учетом их эффективности.

Для решения поставленной задачи предлагается учитывать следующие уровни защиты с учетом рис. 1:

– I уровень защиты (высокий) – средства и методы индивидуальной и/или коллективной защиты, препятствующие воздействию на персонал поражающих факторов аварий и исключают вероятность травмирования и гибели человека;

– II уровень защиты (средний) – средства и методы индивидуальной и/или коллективной защиты, препятствующие воздействию на персонал поражающих факторов аварий, при которых вероятность травмирования велика (~1), а его гибели исключена (~0);

– III уровень защиты (низкий) – средства и методы индивидуальной и/или коллективной защиты, препятствующие воздействию на персонал поражающих факторов аварий, при которых вероятность гибели человека составляет 0,6 и травм (тяжелых и легких) – 0,4 при полной степени отказа (разрушения) защиты.

К средствам и методам снижения и/или локализации опасности (средствам защиты) можно отнести следующие:

– заглубленные в грунт операторные;

– взрывоустойчивые, отдельно стоящие операторные, спроектированные по первому классу ответственности зданий и сооружений;

– здания повышенной прочности, удаленные от потенциальных источников внешних взрывов горючих газо- и паровоздушных смесей, обеспечивающие снижение избыточного давления во фронте проходящей воздушной ударной волны в фазе сжатия;

– выполнение опасных технологических операций в железобетонных и перфорированных кабинах, зданиях категории А и Б, обвалованных грунтом с выносом пульта управления за пределы обваловки;

– барокамеры, предназначенные для проведения взрывоопасных технологических процессов;

– размещение опасных веществ в подземных хранилищах;

– размещение в железобетонных галереях и подземных тоннелях транспортных коммуникаций опасных веществ и др.

Для количественной оценки уровня защиты персонала от воздействия поражающих факторов аварий предлагается использовать коэффициент уровня защиты ($K_{у.з.}$), который является модифицированным показателем коэффициента технической безопасности, установленным в словаре [5]:

$$K_{у.з.} = 1 - \frac{N_{II} + 2 \times N_{III}}{N_I + N_{II} + 2 \times N_{III}} = 0 \div 1 ,$$

где N_I , N_{II} , N_{III} – количество людей, обеспеченных средствами индивидуальной и/или коллективной защиты, соответствующих первому, второму и третьему уровням защиты соответственно.

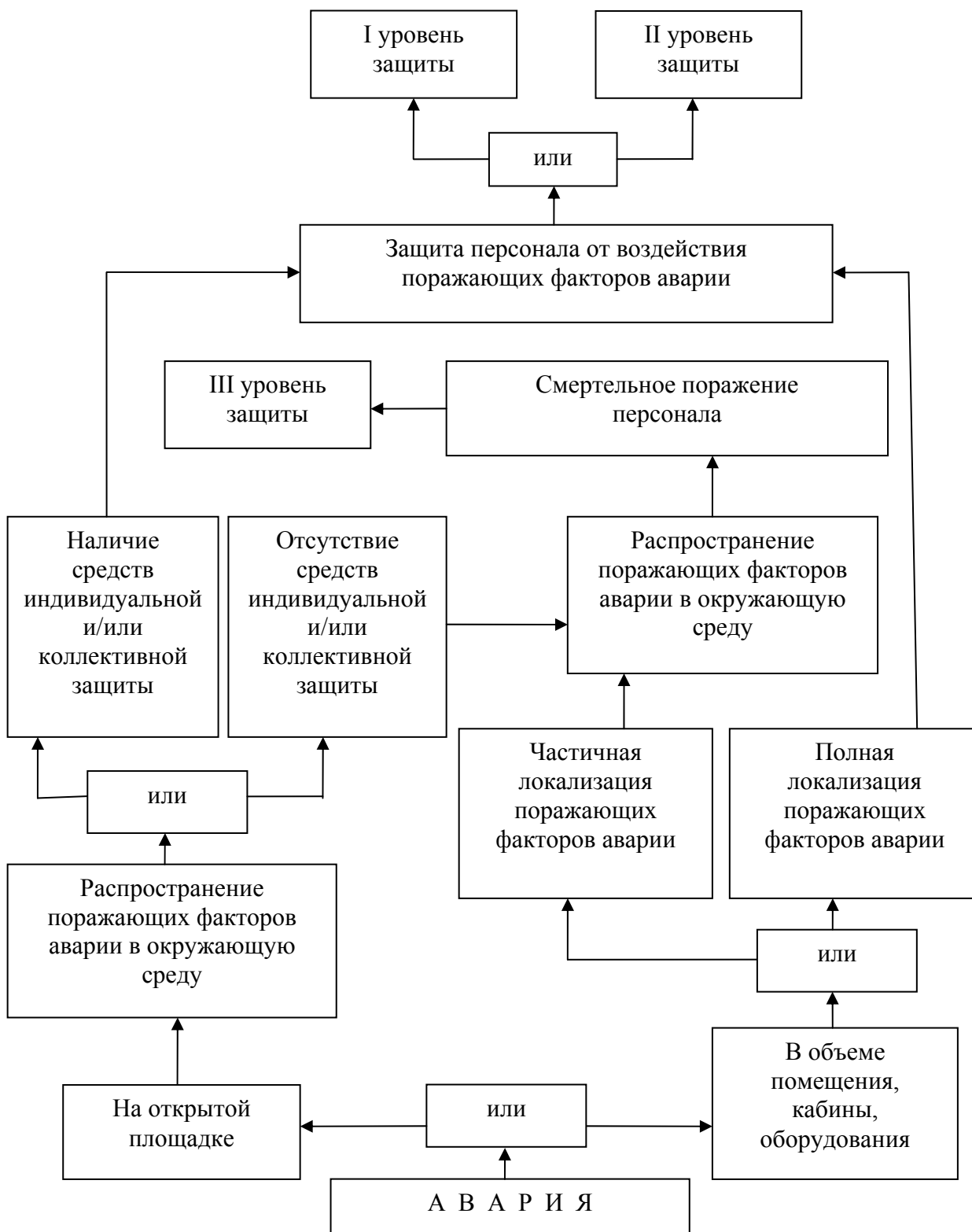


Рис. 1. Схема защиты персонала от воздействия поражающих факторов аварий

Коэффициент уровня защиты персонала от поражающих факторов аварий может быть использован для оценки эффективности защиты от опасностей одного человека и/или группы людей на уровне участка, мастерской, цеха и ОПО в целом.

Так как коэффициент $K_{y.z.}$ может изменяться в пределах от 0 (человек полностью не защищен средствами индивидуальной и/или коллективной защиты) до 1 (человек полностью защищен средствами индивидуальной и/или коллективной защиты), то для управления промышленной безопасностью предлагается ввести границы, характеризующие конкретный уровень безопасности:

$$\begin{aligned} 0,6 < K_{y.z.} < 1 & - \text{высокий;} \\ 0,4 < K_{y.z.} < 0,6 & - \text{средний;} \\ 0,5 < K_{y.z.} < 0,4 & - \text{низкий.} \end{aligned}$$

Управление промышленной безопасностью ОПО с учетом использования коэффициента уровня защиты ($K_{y.z.}$) рекомендуется проводить поэтапно в следующей последовательности:

1. Идентификация ОПО.

На основе анализа ОПО определяются возможные виды (сценарии) аварий (пожар пролива, «огненный шар», струевое горение, взрыв-вспышка, взрыв топливно-воздушной смеси, выброс токсичных веществ) и место их реализации (в объеме аппарата, помещения, здания, на открытой площадке).

2. Определение размеров зон действия опасных факторов аварии.

На основе нормативных документов [4, 6] определяются границы опасных зон теплового, барического и токсического поражения с учетом критериев поражения.

3. Оценка количества и распределения людей по объекту с учетом формирования зон поражения для различных сценариев аварии.

4. Анализ технических характеристик зданий (производственных, складских, вспомогательных, операторных) на территории ОПО в пределах зон воздействия поражающих факторов аварии.

5. Определение степени (слабое, среднее, сильное, полное) разрушения производственных, административных зданий и сооружений в зависимости от их «устойчивости» [4, 6].

6. Определение количества людей, защищенных в соответствии с I, II и III уровнями от воздействия поражающих факторов аварии для каждого сценария.

7. Расчет коэффициента уровня защиты ($K_{y.z.}$) персонала от воздействия поражающих факторов аварии.

8. Разработка технических мероприятий по обеспечению повышения $K_{y.z.}$.

Определение оптимального значения коэффициента уровня защиты ($K_{y.z.}$) для конкретного производства с учетом его специфики можно осуществить путем сопоставления следующих социально-экономических показателей:

– эффективности использования регулирующих мероприятий с целью уменьшения негативного влияния поражающих факторов аварии на здоровье человека (травма, летальный исход);

– получение положительного эффекта от выполняемых технических решений для обеспечения защиты персонала;

– потери (расходы), обусловленные внедрением средств защиты (технических решений).

Процесс сравнения, как известно, опирается на метод «затраты-выгоды», общий характер которого приведен на рис. 2.

В заключение необходимо отметить, что реализация опасности, как известно, это случайное явление, то есть возникновение опасных факторов воздействия на человека и окружающую среду характеризуется вероятностью явления.

Управление промышленной безопасностью на основе такого параметра, как риск, в основу которого положены случайные явления, имеет следующий основной недостаток. При оценке риска в расчетах ожидаемого количества погибших в зоне действия поражающих факторов аварии учитывается вероятность нахождения человека в момент аварии (от 0 до 1). Однако в расчетах показателей риска указанные вероятности «теряют» свою значимость при

их умножении на вероятности реализации аварии, значения которых составляют $10^{-4} \div 10^{-12}$ год $^{-1}$.

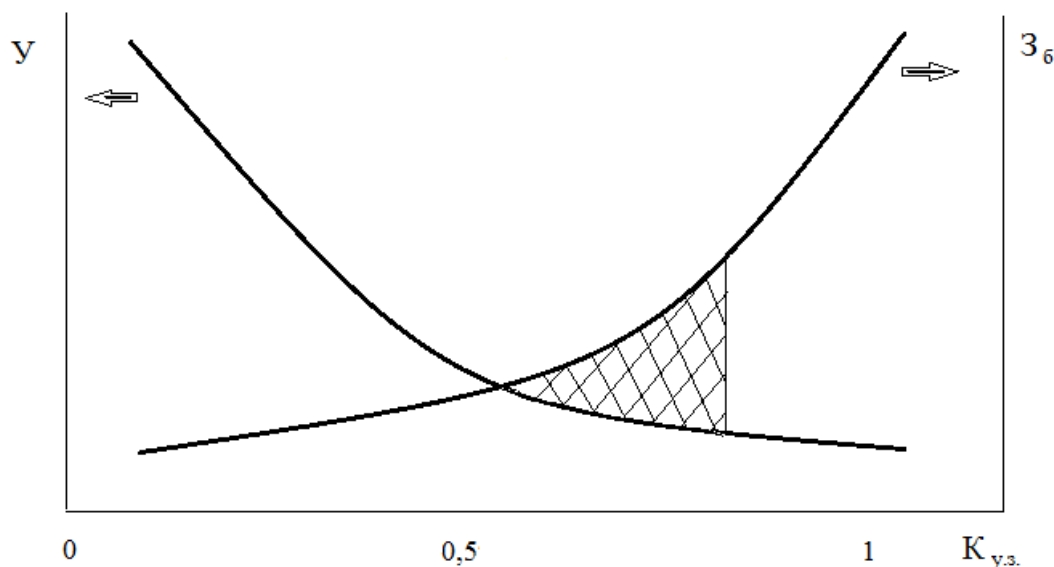


Рис. 2. Общий характер соотношения ущерба и затрат на обеспечение безопасности (У – ущерб; З_б – затраты на безопасность; заштрихованная площадь – условная область приемлемых значений ущерба и затрат на безопасность)

Более показательным является применение коэффициентов уровней защиты от поражающих факторов аварии, которые являются обратными показателями риска, которые известны уже на стадии проектирования.

Значения установленных границ коэффициентов уровней защиты могут быть использованы при определении суммы обязательного страхования за причинение вреда в случае возникновения аварийной ситуации.

Литература

1. ГОСТ 12.1.010–76. Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования. Доступ из открытой базы ГОСТов.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в ред. от 13 июля 2015 г.). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
3. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ (в ред. от 13 июля 2015 г.). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
4. Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах (утв. Приказом Ростехнадзора от 13 мая 2015 г. № 188). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Энергетические конденсированные системы. Краткий энциклопедический словарь / под ред. акад. Б.П. Жукова. М.: Ярус-К, 1999.
6. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств»: Приказ Ростехнадзора от 11 марта 2013 г. № 96. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

References

1. Gost 12.1.010–76. Sistema standartov bezopasnosti truda. Vzryvobezopasnost. Obschie trebovaniya. Dostup iz otkrytoj bazy gostov.
2. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyakh pozharnoj bezopasnosti: Feder. Zakon ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ (v red. ot 13 iyulya 2015 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».
3. O promyshlennoj bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh obektov: Feder. Zakon ot 21 iyulya 1997 g. № 116-FZ (v red. ot 13 iyulya 2015 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».
4. Metodicheskie osnovy po provedeniyu analiza opasnostej i otsenki riska avarij na opasnykh proizvodstvennykh obektakh (utv. Prikazom Rostekhnadzora ot 13 maya 2015 g. № 188). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «KonsultantPlyus».
5. Energeticheskie kondensirovannye sistemy. Kratkij entsiklopedicheskij slovar / pod red. akad. B.P. Zhukova. M.: Yarus-k, 1999.
6. Ob utverzhdenii federalnykh norm i pravil v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Obschie pravila vzryvobezopasnosti dlya vzryvopozharoopasnykh khimicheskikh, neftekhimicheskikh i neftepererabatyvayuschikh proizvodstv»: Prikaz Rostekhnadzora ot 11 marta 2013 g. № 96. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «KonsultantPlyus».