

УДК 614.841.12

[zeusmas@yandex.ru](mailto:zeusmas@yandex.ru)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБУЕМЫХ ПРЕДЕЛОВ ОГНЕСТОЙКОСТИ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТОВ ТОПЛИВНО-  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

**DETERMINATION OF THE REQUIRED FIRE RESISTANCE LIMITS OF  
BUILDING STRUCTURES OF FUEL AND ENERGY COMPLEX FACILITIES**

*Калач А. В., доктор химических наук, профессор,  
Брюхов Е. Н., кандидат педагогических наук,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург  
Клементьев Б. А.,  
ООО «Арктик СПГ 2», Москва*

*Kalach A., Bryukhov E.,  
Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia.  
Klementiev B.,  
ООО «Arctic LNG 2», Moscow*

На практике реализован метод определения требуемых пределов огнестойкости, основанный на вероятностном подходе – на сравнении расчетного времени эвакуации / времени спасения персонала при пожаре на объекте (ТЭК) и требуемого предела огнестойкости строительных конструкций с учетом допустимого риска, установленного в части 3 ст. 93 Федерального закона от 22.07.2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

*Ключевые слова:* вероятностный подход, предел огнестойкости, время эвакуации, пассивная противопожарная защита, время спасения, огнестойкость, требования пожарной безопасности, строительные конструкции.

In practice, a method has been implemented for determining the required fire resistance limits, based on a probabilistic approach – on comparing the estimated time of evacuation / rescue time for personnel in case of a fire at a fuel and energy complex (FEC) facility and the fire resistance limit of building structures, as well as on the right of the owner of a hazardous production facility to risk their own property subject to mandatory compliance with the requirements of part 3 of article 93 of the Federal Law № 123-FZ dated July 22, 2008 «Technical Regulations on Fire Safety Requirements».

*Keywords:* probability approach, fire resistance rating, evacuation time, passive fire protection, rescue time, fire-resistance, fire safety regulations, building structural.

При разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности в рамках подготовки проектной документации для объектов нефтегазового комплекса одна из главных задач, которые необходимо решить, – это определение требуемых пределов огнестойкости строительных конструкций зданий и сооружений. Одним из таких подходов является методология зон воздействия пожара и разделе-

ния технологического оборудования на категории – вероятности возникновения пожара: высокой, средней, низкой, нулевой. В некоторых стандартах международных нефтегазовых компаний к категории высокой вероятности возникновения пожара относится оборудование (аппараты), содержащее легковоспламеняющиеся и горючие жидкости или сжиженный газ, в достаточном количестве для образования пролива жидкости, и способного гореть в течение

времени, при котором возможен риск разрушения оборудования и строительных конструкций.

К такому оборудованию может относиться статическое оборудование: теплообменники, аппараты воздушного охлаждения, технологические сосуды, емкости

и аппараты, колонны, печи с огневым подогревом – и другое аналогичное оборудование, содержащие более 5 тонн ЛВЖ, ГЖ и/или ГГ. В качестве примера в табл. 1 приведены критерии объемов ЛВЖ, ГЖ и /или ГГ крупных нефтегазовых компаний, принимаемые при расчетах пределов огнестойкости.

*Таблица 1  
Требования стандартов зарубежных компаний по объему углеводородов в технологическом оборудовании*

№	Нефтегазовая компания	Объем углеводородов
1	Shell	5 т
2	Petronas	5 т
3	Petroleo De Venezuela	5 т
4	Total	5 м <sup>3</sup>
5	Chevron	3,8 м <sup>3</sup>
6	Ямал СПГ	5 т
7	Арктик СПГ 2	5 т

В Российской Федерации требования к определению пределов огнестойкости реализованы на основании детерминированных значений, указанных в нормативных документах по пожарной безопасности [1–6] и др. При этом для подтверждения принимаемых пределов огнестойкости в случае отсутствия нормативных требований к объектам проектирования, а именно при разработке специальных технических условий по пожарной безопасности допускается руководствоваться методикой вероятностного подхода, реализованной в ГОСТ Р 12.3.047–2012. В работе [7] вероятностный подход основан на сравнении распределений случайных величин эквивалентной продолжительности пожара и значений пределов огнестойкости. Указанная методика не нашла широкого практического применения на стадии проектирования в связи с отсутствием крупномасштабных исследований и достаточности исходных данных для проведения таких расчетов.

В исследовании [8] авторы проводят сравнительный анализ требований России и США [9] к огнестойкости строительных конструкций нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов и предлагают

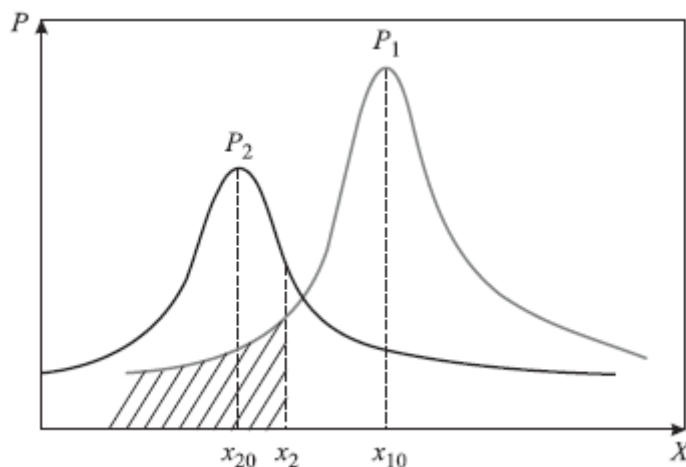
реализовать комплексный подход к пассивной противопожарной защите – от разработки философии огнезащиты объекта и определения мест нанесения огнезащитных составов до требуемых пределов огнестойкости конструкций. Для реализации данного подхода необходимо внесение изменений в действующие своды правил или/и разработка новых документов, учитывая, что в настоящее время в российских нормативных документах по пожарной безопасности [2–6] философия огнестойкости основывается на детерминированных значениях.

Предложенный в работе [10] метод вероятностного определения требуемых пределов огнестойкости строительных конструкций объектов нефтяной и газовой промышленности, основанный, на концепции, реализованной в [11; 12] представляет собой перспективный подход, в котором сравниваются распределения случайных величин – времени эвакуации/спасения людей при пожаре и требуемые пределы огнестойкости. Условие безопасности вероятностного подхода в работе [10] предлагается принять в виде соотношения параметров  $x_1$  и  $x_2$ :

$$x_1 < x_2, (1)$$

где  $x_1$  – расчетное время эвакуации или время спасения;  
 $x_2$  – предел огнестойкости.

Качественная интерпретация условий (1) представлена на рис.



*Рисунок. Качественная интерпретация условий безопасности эвакуации:  $P_1, P_2$  – графики функций плотности вероятностей для рассматриваемых распределений;  $x_{10}, x_{20}$  – центры распределений. Площадь заштрихованной области численно равна вероятности выполнения условий (1) при заданном значении  $x_2$*

Следует отметить, что применение методики расчёта требуемых пределов огнестойкости, основанной на вероятностном подходе, исходя из условий безопасной эвакуации или безопасного спасения, невозможно, из-за отсутствия крупномасштабных испытаний по определению дисперсий времени спасения и эвакуации.

В связи с чем с целью возможности реализации предложенного вероятностного подхода было организовано и проведено экспериментальное исследование процессов эвакуации и спасения с производственных моделей технологических линий действующего завода по сжижению природного газа (завод СПГ), расположенного на Крайнем Севере. По результатам исследований были определены скорости движения эвакуирующихся и спасателей с условными пострадавшими (неомобильными) с технологической линии завода СПГ, которые изложены в работе [13].

Полученные данные полномасштабного эксперимента были применены в рамках разработки проектной документации для определения требуемых пределов огнестой-

кости строительных конструкций производственных модулей технологических линий завода по сжижению природного газа с использованием методологии, предлагаемой в работе [10].

Необходимо отметить, что для определения требуемых пределов огнестойкости было использовано время спасения, которое существенно превышает расчетное время эвакуации персонала с технологической линии завода СПГ.

Результаты соответствующих расчетов по определению требуемых пределов огнестойкости представлены ниже, в табл. 2 с учетом времени спасения (личным составом пожарного подразделения) персонала при пожаре равным 1924 с. Требуемые пределы огнестойкости были определены без учета влияния автоматических установок пожаротушения, при этом в работе [9] отмечается, что с целью обеспечения огнестойкости и устойчивости строительных конструкций при пожаре возможно использование систем водяного орошения, что успешно реализуется на международных нефтегазовых проектах во всем мире.

Таблица 2

Результаты расчетов требуемых пределов огнестойкости верхних строений рассматриваемого объекта, в зависимости от заданной величины надежности строительных конструкций при пожаре и величины  $r$  – отношение среднеквадратичного отклонения требуемого предела огнестойкости к величине требуемого предела огнестойкости

$r$	$Q_0$				
	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$
0,05	37	42	46	49	52
0,1	39	46	52	58	64
0,15	41	52	64	77	95
0,2	44	62	87	128	221

Принимая заданную надежность строительных конструкций  $Q_0$  равной  $10^{-4}$  в соответствии с таблицей Р1 ГОСТ Р 12.3.047–2012, а отношение отклонения предела огнестойкости к его целевой номинальной величине не превышающей 0,1 ( $r = 0,1$ ), исходя из рекомендаций производителей огнезащитных покрытий, по табл. 1 находим, что требуемый предел огнестойкости составляет 58 мин. Используя классификацию п. 1 ст. 35 Федерального закона [1] принимаем требуемый предел огнестойкости конструкций равным 60 мин. Данный вывод справедлив и в случае, если пределы огнестойкости некоторых конструкций превышают величину требуемого предела, увеличенного на 10 % (т. е. 66 мин).

Таким образом, полученные результаты были использованы в рамках разработки специальных технических условий

по пожарной безопасности при проектировании завода СПГ в части определения требуемых пределов огнестойкости для несущих конструкций технологическихэтажек и конструкций, для определения требуемых пределов огнестойкости несущих конструкций, обеспечивающих устойчивость и геометрическую неизменяемость сооружений, расположенных на расстоянии по горизонтали менее 30 м от стендеров отгрузки СПГ; противопожарных преград, разделяющих открытые трансформаторы; противопожарных экранов, разделяющих на эстакадах технологические трубопроводы; преград, разделяющих кабели и трубопроводы противопожарного водоснабжения, кабелей систем противоаварийной и противопожарной защиты.

#### Литература

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.
3. СП 231.1311500.2015. Обустройство нефтяных и газовых месторождений. Требования пожарной безопасности.
4. СП 240.1311500.2015. Хранилища сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности.
5. СП 326.1311500.2017. Объекты малотоннажного производства и потребления сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности.
6. ВУПП-88. Ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.
7. ГОСТ Р 12.3.047–2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
8. Клементьев Б. А., Калач А. В., Порхачев М. Ю. Сравнительный анализ нормативных требований к огнестойкости строительных конструкций предприятий нефтегазового комплекса в России и США //

Актуальные проблемы обеспечения безопасности в Российской Федерации: сб. мат. Дней науки с междунар. уч. Екатеринбург, 2021. С. 106–112.

9. RD 7874-7:2003. Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Probabilistic risk assessment. London, BSI. 2003.

10. Шебеко Ю. Н., Шебеко А. Ю., Гилетич А. Н. Методы определения требуемых пределов огнестойкости строительных конструкций производственных объектов // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 22, № 11. С. 51–57.

11. Присадков В. И. Надежность строительных конструкций при пожаре // Огнестойкость строительных конструкций: сб. тр. М., 1986. С. 70–73.

12. Присадков В. И. Разработка методов выбора рациональных систем противопожарной защиты промышленных зданий: дис. ... д-ра техн. наук. М., 1990. 290 с.

13. Лагозин А. Ю. и др. Экспериментальное исследование процессов эвакуации и спасения людей при пожаре с этажерки технологической линии газоперерабатывающего завода // Безопасность труда в промышленности. 2021. № 6. С. 69–74.

### References

1. Federal'ny` zakon ot 22 iuliia 2008 g. №123-FZ «Tekhnicheskii` reglament o trebovaniiax pozharnoi` bezopasnosti».

2. SP 4.13130.2013. Sistemy` protivopozharnoi` zashchity`. Ogranichenie rasprostraneniia pozhara na ob`ektakh zashchity`. Trebovaniia k ob`emno-planirovochny`m i konstruktivny`m resheniiam.

3. SP 231.1311500.2015. Obustroistvo neftiiany`kh i gazovy`kh mestorozhdenii`. Trebovaniia pozharnoi` bezopasnosti.

4. SP 240.1311500.2015. KHranilishcha szhizhennogo prirodnogo gaza. Trebovaniia pozharnoi` bezopasnosti.

5. SP 326.1311500.2017. Ob`ekty` malotonnazhnogo proizvodstva i potrebleniia szhizhennogo prirodnogo gaza. Trebovaniia pozharnoi` bezopasnosti.

6. VUPP-88. Vedomstvenny`e ukazaniia po protivopozharnomu proektirovaniu predpriatii`, zdanii` i sooruzhenii` neftepererabatyvaiushchei` i neftehimicheskoi` promy`shlennosti.

7. GOST R 12.3.047–2012. SSBT. Pozharnaia bezopasnost` tekhnologicheskikh protsessov. Obshchie trebovaniia. Metody` kontroliia.

8. Clement`ev B. A., Kalach A. V., Porhachev M. Iu. Sravnitel`ny`i` analiz normativny`kh trebovaniia k ognestoi`kosti stroitel`ny`kh konstruktsii` predpriatii` neftegazovogo kompleksa v Rossii i SSHA // Aktual`ny`e problemy` obespecheniia bezopasnosti v Rossii`skoi` Federatsii. 2021. S. 106–112.

9. RD 7874-7:2003. Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Probabilistic risk assessment. London, BSI. 2003.

10. Shebeko Iu. N., Shebeko A. Iu., Giletich A. N. Metody` opredeleniia trebuemy`kh predelov ognestoi`kosti stroitel`ny`kh konstruktsii` proizvodstvenny`kh ob`ektov // Pozharovzry`vobezopasnost`. 2018. T. 22, № 11. S. 51–57.

11. Prasadkov V. I. Nadezhnost` stroitel`ny`kh konstruktsii` pri pozhare // Ognestoi`kost` stroitel`ny`kh konstruktsii`: sb. tr. M., 1986. S. 70–73.

12. Prasadkov V. I. Razrabotka metodov vy`bora ratsional`ny`kh sistem protivopozharnoi` zashchity` promy`shlenny`kh zdanii`: dis. ... d-ra tekhn. nauk. M., 1990. 290 s.

13. Lagozin A. Iu. et al. E`ksperimental`noe issledovanie protsessov e`vakuatsii i spaseniia liudei` pri pozhare s e`tazherki tekhnologicheskoi` linii gazopererabatyvaiushchego zavoda // Bezopasnost` truda v promy`shlennosti. 2021. № 6. S. 69–74.