

УДК 614.841.334.1

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ ПО ОЦЕНКЕ МИНИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫХ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ЗДАНИЯМИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОЖАРА

Пастухов С.М., к.т.н., доцент, Жамойдик С.М., Тетерюков А.В.
Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

e-mail: teter9212@gmail.com

Приведен анализ существующих подходов по определению противопожарных разрывов между зданиями и сооружениями, выявлены их преимущества и недостатки. Определены наиболее проблемные в расчетном плане параметры теплового потока – средняя температура пламени и угловой коэффициент облученности. Приведен сопоставительный расчет углового коэффициента облученности по существующим методикам для одного из объектов. Сделан вывод о необходимости разработки рекомендаций по расчету противопожарных разрывов, учитывающих различные варианты взаимного расположения зданий и параметры пламени.

The analysis of existing approaches for definition of fire-prevention gaps between buildings and constructions has been carried out; their advantages and shortcomings have been revealed. The most problem parameters have been determined which relate to calculation of heat flow that is the average temperature of flame and irradiance coefficient. Calculation of angular coefficient of irradiance has been given based on existing techniques for one of objects. It was stressed the necessity for development of the recommendations for assessment fire-prevention gaps which consider various variants of relative positioning of buildings and parameters of flame.

(Поступила в редакцию 22 января 2014 г.)

Введение

В ряде пожаров происходит распространение пламени не только внутри здания, но и на соседние строения. Для предотвращения распространения пожара при проектировании генеральных планов промышленных предприятий и территорий населенных пунктов предусматривают противопожарные разрывы.

Под противопожарным разрывом согласно [1] понимается кратчайшее расстояние в свету между наружными стенами или другими конструкциями зданий (сооружений), а также до границ участков разработки и открытого залегания торфа и лесных массивов. При наличии в зданиях или сооружениях выступающих более чем на один метр конструкций, выполненных из горючих материалов, за величину противопожарного разрыва принимается расстояние между этими конструкциями.

При нормировании расстояний между зданиями и сооружениями в обязательном порядке учитываются технико-экономические, противопожарные, санитарно-гигиенические и другие требования. При проектировании генеральных планов объектов зачастую существует необходимость уменьшения величины противопожарных разрывов, что приводит не столько к экономическому эффекту за счет уменьшения протяженности инженерных и дорожных коммуникаций, а к увеличению пожарной опасности объектов [2].

Существуют случаи, когда выполнение требований по соблюдению величины противопожарных разрывов невозможно по следующим причинам:

- между эксплуатируемыми зданиями при их перепрофилировании, вследствие чего изменяется их функциональное назначение и требуется увеличение нормируемых расстояний;
- между хозяйственными постройками, а также другими зданиями и сооружениями, вследствие ограниченной площади.

Подходы к определению противопожарных разрывов

На сегодняшний день существует два метода по определению противопожарных разрывов: табличный (детерминированный) и расчетный.

Табличный метод заключается в определении нормативно-установленных значений противопожарных разрывов, указанных в действующих технических нормативных правовых актах (далее ТНПА) (в общем случае ТКП 45-2.02-242 [1], а также разделы «Противопожарные требования» других ТНПА [3] по особенностям проектирования зданий различного функционального назначения). Как правило, ТНПА регламентируют величины противопожарных разрывов между зданиями и сооружениями в зависимости от класса их функциональной пожарной опасности и степени огнестойкости. Документы содержат также рекомендации о способах компенсации недостающей величины противопожарных разрывов, но не учитывают геометрического расположения зданий и сооружений и лишь косвенно учитывают наличие проемов в наружных стенах, что явно влияет на возможность возгорания соседних зданий при возможном пожаре.

Кроме того нормативные документы допускают величину противопожарного разрыва определять расчетом по соответствующим методикам, с учетом следующих условий [1]:

- величина теплового потока при возможном пожаре в здании (сооружении, наружной установке) не должна превышать минимальную интенсивность облучения строительных конструкций соседних зданий (сооружений, наружных установок) при продолжительности облучения, равной времени следования от ближайшего пожарного депо;

- величина избыточного давления взрыва при возможном взрыве в здании (сооружении, наружной установке) не должна приводить: к сильным разрушениям соседних зданий (сооружений, наружных установок), расположенных на территории предприятий; к средним разрушениям зданий (сооружений, наружных установок), расположенных на территории населенных пунктов.

В настоящей статье приведен анализ подходов, по определению противопожарных разрывов, учитывающий только первое условие.

Необходимо отметить, что при расчете величины противопожарных расстояний между зданиями учитывается действие только лучистой тепловой энергии (излучения). По сравнению с теплотой передаваемой излучением, теплота, передаваемая путем конвекции незначительна, поэтому при расчете указанной величиной пренебрегается. Также не учитываются и возможные разлеты раскаленных головней, которые, впоследствии, могут стать вторичными источниками возгорания.

В настоящее время методы определения величины противопожарных разрывов изложены в следующих источниках: ТКП EN 1991-1-2-2009 [4], СТБ 11.05.03-2010 [5] и монографии М.Я. Ройтмана [2]. Суть расчетного метода заключается в определении величины теплового потока, передаваемого при пожаре на смежные здания, и основывается на законе Стефана-Больцмана, физический смысл которого заключается в определении тепла, передаваемого путем излучения.

При этом условие безопасности будет выражаться следующим неравенством:

$$q_{кр} \leq q_p, \quad (1)$$

где $q_{кр}$ – минимальная интенсивность излучения, Вт/м²;

q_p – расчетная интенсивность теплового воздействия возможного пожара, Вт/м².

Минимальная (критическая) интенсивность поглощения теплового излучения является индивидуальным показателем для материалов, значение которой зависит от

продолжительности облучения. Указанная величина определяется по результатам испытаний, либо принимается из справочных источников. Применительно к оценке противопожарных разрывов значение минимальной интенсивности теплового излучения сравнивается с расчетным, и затем делается вывод о возможности возгорания здания.

Расчетная интенсивность теплового потока от возможного пожара q_p определяется по формуле [5]:

$$q_p = 5,67 \cdot 10^{-8} \varepsilon_{\text{пр}} \left[T_{\text{ф}}^4 - T_1^4 \right] \varphi, \quad (2)$$

где $\varepsilon_{\text{пр}} = \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)$ – приведенная степень черноты системы двух плоских тел;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – степени черноты соответствующих поверхностей;

$T_{\text{ф}}$ – средняя температура пламени, К;

T_1 – максимально допустимая температура для смежного объекта, К;

φ – угловой коэффициент облученности, зависящий от размеров пламени, взаимного размещения источника излучения и облучаемой поверхности.

При проведении практических расчетов по оценке минимально допустимых расстояний между зданиями необходимо учитывать, что зачастую их конструкции выполняются из материалов, имеющих различную минимальную интенсивность теплового излучения. В таком случае необходимо рассмотреть как минимум два расчетных варианта пожара: первый вариант, пожар в здании 1, второй – пожар в здании 2 (рис. 1). Так, например, если конструкции здания 2 выполнены из древесины, то при расчетном пожаре в здании 1 (рис. 1, а) за противопожарный разрыв принимается расстояние l_{p1} , при котором расчетная интенсивность теплового воздействия q_p не превысит минимальную $q_{\text{кр}}$ (для древесины при продолжительности облучения 15 мин значение $q_{\text{кр}} = 13\,900 \text{ Вт/м}^2$ [2]). Аналогичным образом, определяется расстояние l_{p2} , характеризующее не превышение расчетной интенсивности теплового воздействия q_p минимальной интенсивности $q_{\text{кр}}$ для конструкций здания 1, выполненных из горючих материалов от расчетного пожара в здании 2 (рис. 1, б).

Таким образом, за величину противопожарного разрыва принимается наибольшее расстояние, получаемое по двум приведенным вариантам:

$$L_p^{\delta} = \max(l_{p1}, l_{p2}). \quad (3)$$

При проведении расчетов наибольшую сложность представляет определение средней температуры пламени T на его поверхности и углового коэффициента облученности φ . Физический смысл углового коэффициента облученности φ состоит в том, что он показывает долю общего теплового потока от заданной излучающей поверхности, которая достигает заданной принимающей поверхности. Значение углового коэффициента облученности φ зависит от размера излучающей поверхности, расстояния между излучающей и принимающей поверхностями и их ориентации по отношению друг к другу, а также размеров пламени. В методиках ТКП EN 1991-1-2 [4], СТБ 11.05.03-2010 [5] и М.Я. Ройтмана [2] рассматриваются три варианта расположения зданий относительно друг друга (рис. 2), но у каждого подхода существуют свои допущения.

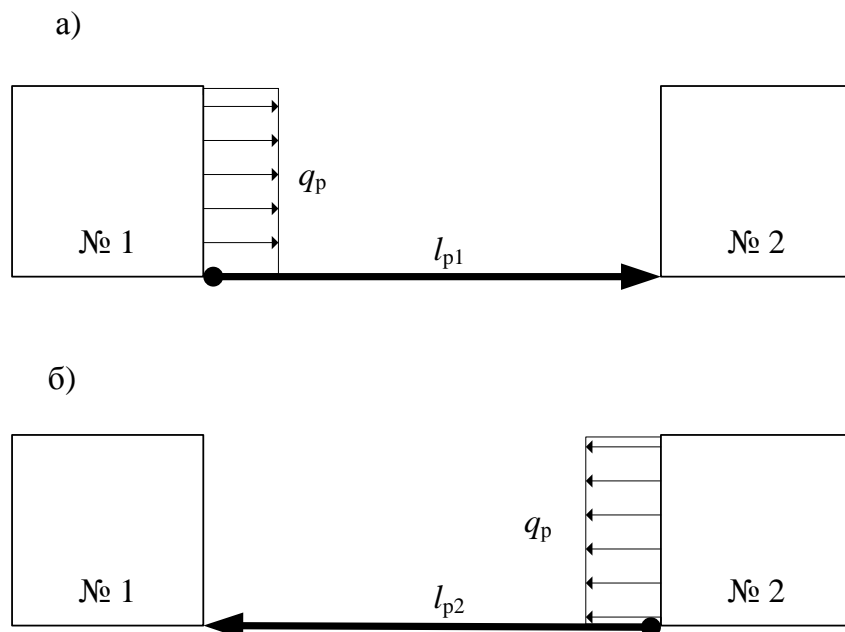
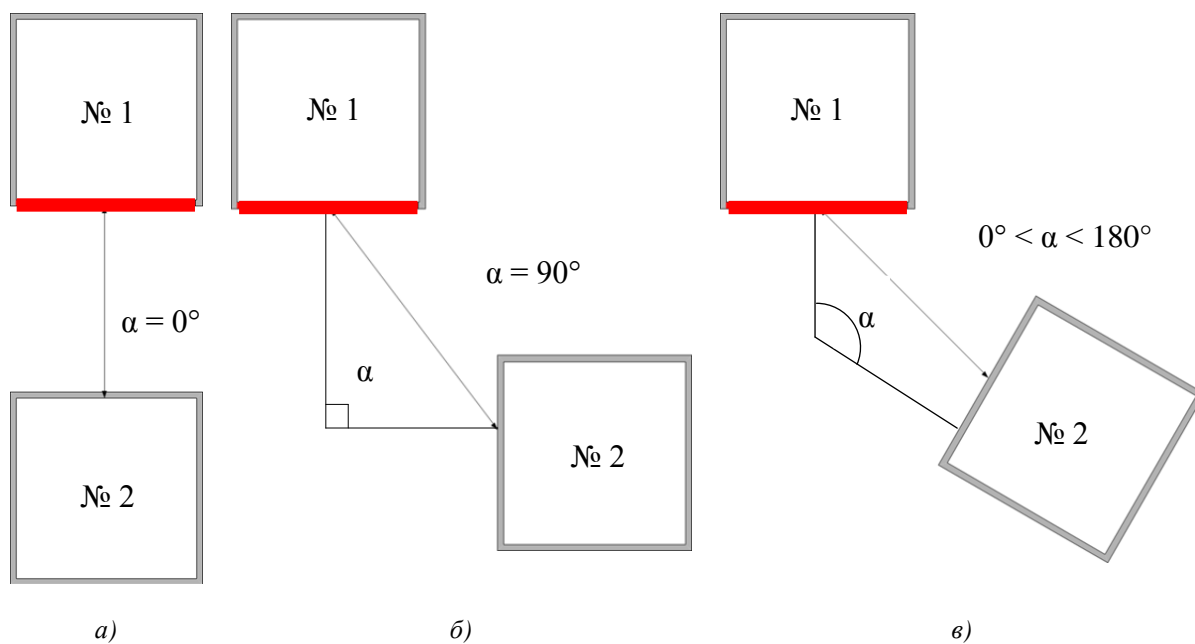


Рисунок 1 – Расчетные варианты возможного пожара

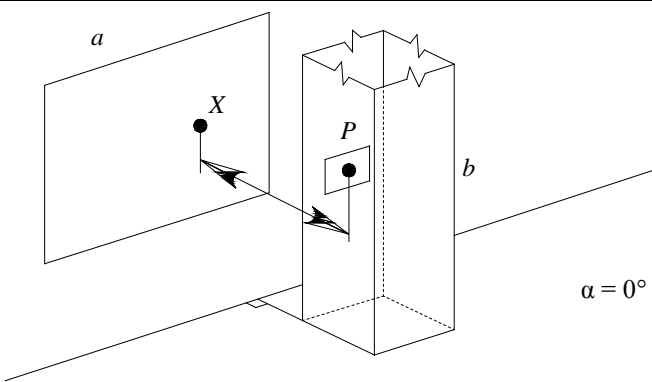
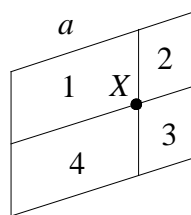
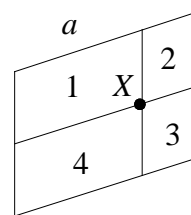
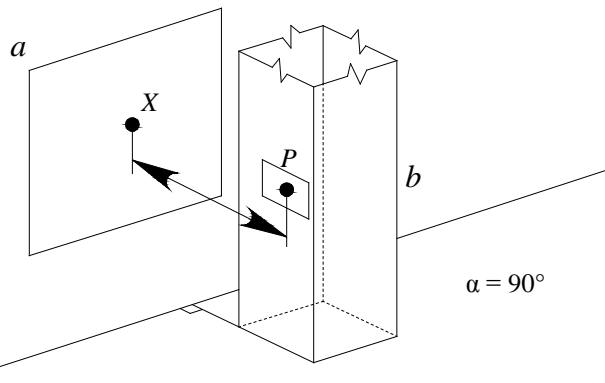
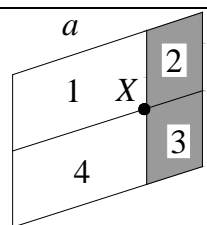
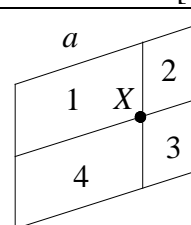


- а – излучающая и принимающая поверхности параллельны ($\alpha = 0^\circ$), а принимающая поверхность находится в пределах пламени;
- б – излучающая и принимающая поверхности перпендикулярны ($\alpha = 90^\circ$) и принимающая поверхность находится вне пределов пламени;
- в – излучающая и принимающая поверхности находятся под углом ($0^\circ < \alpha < 180^\circ$) и принимающая поверхность находится вне пределов пламени

Рисунок 2 – Варианты взаимного расположения зданий

Для сравнения рассмотрим две методики по определению углового коэффициента облученности: ТКП EN 1991-1-2-2009 [4] и М.Я. Ройтмана [2] (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная оценка определения углового коэффициента облученности

1) излучающая и принимающая поверхности параллельны ($\alpha = 0^\circ$).	
	
<p>a – излучающая поверхность; b – принимающая поверхность</p>	
<p>ТКП EN 1991-1-2 [4]</p>	<p>М.Я. Ройтман [2]</p>
	
<p>$\Phi = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4)$</p>	<p>$\Phi = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4)$</p>
2) излучающая и принимающая поверхности перпендикулярны ($\alpha = 90^\circ$).	
	
<p>ТКП EN 1991-1-2 [4]</p>	<p>М.Я. Ройтман [2]</p>
	
<p>$\Phi = (\Phi_1 + \Phi_4)$</p>	<p>$\Phi = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4)$</p>

Продолжение таблицы 1

3) излучающая и принимающая поверхности находятся под углом $0^\circ < \alpha < 180^\circ$.	
ТКП EN 1991-1-2 [4]	М.Я. Ройтман [2]
$\Phi = (\Phi_1 + \Phi_4)$	$\Phi = (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4)$

В первом варианте угловой коэффициент облученности определяется одинаково по двум методикам, М.Я. Ройтмана [2] и ТКП EN 1991-1-2 [4]:

$$\varphi = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{b}{\sqrt{r^2 + b^2}} \operatorname{arctg} \frac{h}{\sqrt{r^2 + b^2}} + \frac{h}{\sqrt{r^2 + h^2}} \operatorname{arctg} \frac{b}{\sqrt{r^2 + h^2}} \right), \quad (4)$$

где b – ширина пламени, м;

h – высота пламени, м;

r – расстояние от элементарной площадки до пламени, м.

$$\varphi = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{a}{\sqrt{1+a^2}} \operatorname{arctg} \left(\frac{b}{\sqrt{1+a^2}} \right) + \frac{b}{\sqrt{1+b^2}} \operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\sqrt{1+b^2}} \right) \right], \quad (5)$$

где $a = h/s$; $b = w/s$;

h – высота излучаемой поверхности (рис. 3), м;

w – ширина излучаемой поверхности (рис. 3), м;

s – расстояние от излучающей до облучаемой поверхности (рис. 3), м.

Согласно второму варианту по методике М.Я. Ройтмана [2] элементарная площадка принимающей поверхности смещается и рассматривается также как и при параллельном размещении объектов (как в первом варианте). Методика, изложенная в ТКП EN 1991-1-2 [4], позволяет произвести расчет без смещения элементарной площадки:

$$\varphi = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\operatorname{arctg}(a) - \frac{1}{\sqrt{1+b^2}} \cdot \operatorname{arctg}\left(\frac{a}{\sqrt{1+b^2}}\right) \right]. \quad (6)$$

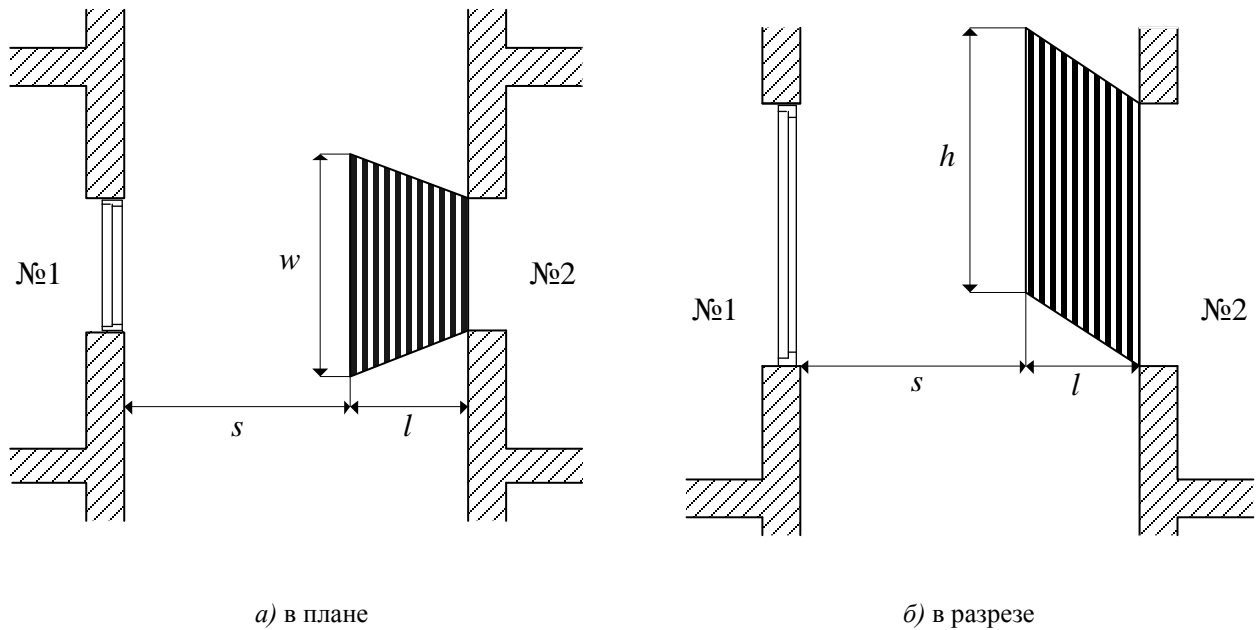


Рисунок 3 – Параметры пламени

В третьем варианте, так как и в предыдущем, при определении углового коэффициента облученности по методике М.Я. Ройтмана [2] излучающая и принимающая поверхности приводятся к параллельному размещению. Методика, изложенная в ТКП EN 1991-1-2 [4], позволяет произвести расчет без смещения элементарной площадки:

$$\varphi = \frac{1}{2\pi} \left[\operatorname{arctg}(a) - \frac{(1-b\cos\Theta)}{\sqrt{1+b^2-2b\cos\Theta}} \operatorname{arctg}\left(\frac{a}{\sqrt{1+b^2-2b\cos\Theta}}\right) + \frac{a\cos\Theta}{\sqrt{a^2+\sin^2\Theta}} \left[\operatorname{arctg}\left(\frac{(b-\cos\Theta)}{\sqrt{a^2+\sin^2\Theta}}\right) + \operatorname{arctg}\left(\frac{\cos\Theta}{\sqrt{a^2+\sin^2\Theta}}\right) \right] \right]. \quad (7)$$

Для сравнения двух методик были произведены расчеты по определению углового коэффициента облученности и результаты представлены в таблице 2.

Исходя из приведенных в таблице 2 данных, видно, что при расчете φ по ТКП EN 1991-1-2 в частных случаях угловой коэффициент принимает меньшее значение за счет учета взаимного расположения зданий и сооружений.

Проведя анализ существующих подходов к определению противопожарных разрывов, нами были разработаны рекомендации по определению неизвестных параметров, необходимых для расчета величины теплового потока возможного пожара и сведены в таблицу 3.

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что каждая из рассматриваемых выше методик учитывает лишь частные случаи расположения зданий посредством углового коэффициента облученности φ и размеры пламени. Из таблицы

З видно, что методика, изложенная в ТКП EN 1991-1-2 [4], является более универсальной за счет учета большего количества параметров зданий. Однако в дальнейшем актуальной задачей является разработка единой универсальной методики, применимой для различных вариантов расположения зданий и сооружений, а также наружных установок.

Таблица 2 – Сравнительная оценка расчета углового коэффициента облученности

№	Расположение излучающей и принимающей поверхностей	Методика определения углового коэффициента облученности.	
		ТКП EN 1991-1-2 [3]	М.Я. Ройтман [2]
1.	излучающая и принимающая поверхности параллельны ($\alpha = 0^\circ$), а принимающая поверхность находится в пределах пламени	0,1324	0,1324
2.	излучающая и принимающая поверхности перпендикулярны ($\alpha = 90^\circ$) и принимающая поверхность находится вне пределов пламени	0,0153	0,1324
3.	излучающая и принимающая поверхности находятся под углом $0^\circ < \alpha < 180^\circ$ и принимающая поверхность находится вне пределов пламени (по отношению друг к другу здания расположены под углом 95°)	0,0139	0,1324

Примечание:
При расчете углового коэффициента облученности принимались следующие размеры пламени: ширина 20 м, высота 10 м; расстояние от пламени до обогреваемой поверхности 10 м.

Таблица 3 – Рекомендации по определению неизвестных параметров, необходимых для расчета величины теплового потока

№ п/п	Наименование источника	Определение противопожарных разрывов при возможном пожаре :			Определение углового коэффициента облученности при взаимном расположении пламени и здания:			Определение параметров пламени исходя из величины пожарной нагрузки и геометрических размеров здания:			
		наружной установке	складе твердых горючих материалов	здании	параллельное расположение $\alpha < 0^\circ$	перпендикулярное расположение $\alpha = 90^\circ$	под углом $0^\circ < \alpha < 180^\circ$	вертикальная проекция пламени	горизонтальная проекция пламени	ширина пламени	температура на поверхности пламени
1	СТБ 11.05.03 [5]	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-
2	М.Я. Ройтман [2]	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
3	ТКП EN1991-1-2 [4]	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+

ЛИТЕРАТУРА

1. Ограничение распространения пожара. Противопожарная защита населенных пунктов и территорий предприятий. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.02-242-2011. Введ. 01.01.2012. – Минск: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2011. – 27 с.
2. Ройтман, М.Я. Противопожарное нормирование в строительстве / М.: Стройиздат, 1985. – 590 с.
3. Технический кодекс установившейся практики. Автозаправочные станции. Пожарная безопасность. Нормы проектирования и правила устройства: ТКП 253-2010. – Введ. 01.01.2011. – Минск: Мин-во по чрезвыч. ситуациям, 2010. – 36 с.
4. Еврокод 1. Воздействие на конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия для определения огнестойкости: ТКП EN 1991-1-2-2009. Введ. 01.01.2010. – Минск: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2010. – 48 с.
5. Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы оценки и анализа пожарной опасности. Общие требования: СТБ 11.05.03-2010. – Введ. 28.04.2010. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. – 76 с.