МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ ОРДЕНА “ЗНАК ПОЧЕТА”
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ОБОРОНЫ»

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

РЕКОМЕНДАЦИИ

Москва
2015

gost.e-ecolog.ru

УДК 624.016
ББК 38.96
Р24

Авторский коллектив: канд. техн. наук *Д.М. Гордиенко*, *А.Ю. Лагозин*, *А.В. Мордвинова*, канд. техн. наук *В.П. Некрасов*, *А.Н. Сычев* (ФГБУ ВНИИПО МЧС России).

Утверждены ФГБУ ВНИИПО МЧС России 27 ноября 2014 г.
Согласованы ДНПР МЧС России 22 декабря 2014 г.

Р24 **Расчет параметров легкосбрасываемых конструкций для взрывопожароопасных помещений промышленных объектов:** рекомендации. М.: ВНИИПО, 2015. 48 с.

Необходимость разработки настоящих рекомендаций обусловлена отсутствием в области противопожарного нормирования документов по расчету параметров легкосбрасываемых конструкций (ЛСК). Легкосбрасываемые конструкции, которыми в соответствии со сводом правил СП 4.13130.2013 необходимо оснащать помещения категорий А и Б по взрывопожарной и пожарной опасности, предназначены для снижения давления при взрыве и обеспечения безопасности людей, сохранности конструкций и оборудования.

В рекомендациях представлен порядок расчета параметров ЛСК и показано на конкретном примере их определение для ЛСК разных видов, а также приведены показатели пожаровзрывоопасности некоторых веществ и материалов и методика расчета массовой концентрации горючего в горючей среде.

Рекомендации могут быть использованы при нормировании требований пожарной безопасности взрывопожароопасных промышленных объектов, в частности, объектов обустройства нефтяных и газовых месторождений. Применение рекомендаций проектными учреждениями и органами государственного пожарного надзора позволит повысить эффективность деятельности этих организаций.

УДК 624.016
ББК 38.96

© МЧС России, 2015
© ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2015

ВВЕДЕНИЕ

Помещения категорий А и Б по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии со сводом правил СП 4.13130.2013 [1] следует оснащать наружными легкосбрасываемыми конструкциями (ЛСК). При этом в данном документе указывается, что необходимую площадь ЛСК следует определять расчетом. Однако в области противопожарного нормирования рекомендации по расчету параметров ЛСК в настоящее время отсутствуют.

Существует метод определения требуемой безопасной площади разгерметизации технологических аппаратов и помещений для снижения внутри них давления взрыва газопаропылевоздушных смесей (ГОСТ Р 12.3.047–2012, прил. Н) [2]. Имеется также методика расчета взрывоустойчивости зданий при внутреннем дефлаграционном взрыве* газопаровоздушных смесей [3]. В 2006 г. разработан Технический кодекс установившейся практики Республики Беларусь ТКП 45-2.02-38-2006 (02250) [4], существуют зарубежные стандарты в данной области, например, стандарт США NFPA 68 [5], стандарт Великобритании BSEN 14491:2012 [6], имеется также ряд монографий, публикаций, диссертаций [7–17] и др., в которых рассмотрены вопросы взрывозащиты помещений взрывоопасных производств с применением предохранительных конструкций.

За основу при разработке настоящих рекомендаций были приняты требования Федеральных законов от 27.12.2002 № 184-ФЗ [18] и от 22.07.2008 № 123-ФЗ [19],

*Форма нестационарного горения, при котором последовательное воспламенение горючей смеси осуществляется посредством теплопроводности и диффузии.

а также положения указанных выше документов, другие научные и практические результаты в данной области.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие рекомендации устанавливают порядок расчета параметров легкосбрасываемых конструкций, обеспечивающих допустимые взрывные давления при дефлаграционном взрыве внутри помещений, относящихся к категориям А и Б по взрывопожарной и пожарной опасности.

1.2. Положения настоящих рекомендаций не распространяются:

- на взрывы газопаропылевоздушных смесей, при которых расчетная видимая скорость распространения пламени U_p превышает 65 м/с;
- детонационные процессы;
- взрывы пылей неорганических веществ и металлов;
- помещения, линейные размеры которых (длина, ширина, высота) отличаются один от другого более чем в 10 раз;
- конкретные конструктивные решения ЛСК и параметры их крепежных элементов.

1.3. Легкосбрасываемая конструкция – это специальная наружная ограждающая конструкция здания, сооружения (или их части), предназначенная для снижения давления при взрыве в целях обеспечения безопасности людей, сохранности конструкций и оборудования.

1.4. Легкосбрасываемые конструкции подразделяются на виды:

- разрушаемые – конструкции, в которых при воздействии избыточного давления взрыва происходит макроскопическое нарушение сплошности составляющего их материала;

- смещаемые – конструкции, в которых при воздействии избыточного давления взрыва разрушаются элементы, посредством которых конструкции удерживаются в ограждении помещения;

- вращаемые – конструкции, в которых при воздействии избыточного давления взрыва происходит вращение плоскости конструкции вокруг неподвижной горизонтальной или вертикальной оси.

Вид ЛСК определяется их конструктивными особенностями. При проектировании и расчете ЛСК их нужно также подразделять на типы. К разным типам относятся ЛСК, принадлежащие как к разным видам, так и к одному виду, но отличающиеся при этом размерами, массой или другими параметрами, влияющими на эффективность вскрытия данных конструкций.

1.5. Решение о целесообразности использования ЛСК того или иного вида следует принимать на основе сравнения их основных характеристик применительно к конкретным условиям строительства и эксплуатации зданий с взрывопожароопасными помещениями.

1.6. В качестве ЛСК могут использоваться стекла глухого остекления (разрушаемые ЛСК), открывающиеся створки оконных переплетов, наружные двери и ворота или специальные поворачивающиеся конструкции (вращаемые ЛСК), а также легкосбрасываемые стеновые панели и облегченные элементы покрытия помещения (смещаемые ЛСК).

1.7. Использование в качестве разрушаемых ЛСК стекол глухого остекления позволяет получать наиболее простые и удобные в эксплуатации конструктивные решения, отвечающие требованиям как освещения помещения и его теплоизоляции, так и снижения возникающего в нем избы-

точного давления при внутреннем аварийном взрыве. При этом в целях повышения эффективности вскрытия глухого остекления во всех случаях, когда это представляется возможным, его следует выполнять одинарным.

Максимально допустимые размеры стекол, используемых в качестве ЛСК, или их минимальная толщина должны устанавливаться расчетом с учетом воздействия ветровой нагрузки.

При применении в качестве ЛСК стекол глухого остекления следует иметь в виду, что осколки, образующиеся при разрушении стекол, могут вызвать поражение людей, находящихся вблизи наружных стен взрывоопасного помещения с застекленными оконными проемами.

При наличии необходимых данных о закономерностях вскрытия остекления для устройства разрушаемых ЛСК вместо стекол могут использоваться листовые или пленочные материалы, например пластмассовые.

1.8. При устройстве вращаемых ЛСК предпочтение следует отдавать открываемым створкам оконных переплетов с вертикальным или горизонтальным (верхним или нижним) шарнирами. Более удобными в эксплуатации в качестве ЛСК являются открываемые створки оконных переплетов с вертикальным или верхним горизонтальным шарнирами.

Использование наружных дверей и ворот в качестве вращаемых ЛСК следует предусматривать только в тех случаях, когда необходимость их устройства определяется технологическими требованиями.

Вращаемые ЛСК не должны вскрываться под действием ветровой нагрузки.

За счет вращения может обеспечиваться вскрытие ЛСК в виде стеновых панелей в наружном ограждении

взрывоопасного помещения, а также элементов его покрытия. Однако такие решения не получили практического применения, хотя при определенных условиях они могут быть предпочтительнее решений, обеспечивающих вскрытие указанных ЛСК за счет их смещения.

В стенах (стеновых панелях) могут устраиваться вращаемые ЛСК с использованием пластмассы и других материалов, позволяющих повышать не только эффективность вскрытия ЛСК, но и их теплоизоляционные свойства по сравнению с этими параметрами открываемых створок оконных переплетов.

1.9. В качестве смещаемых ЛСК при соответствующем обосновании могут использоваться легкосбрасываемые стеновые панели и облегченные элементы покрытия взрывоопасного помещения.

Повышение эффективности вскрытия смещаемых ЛСК может быть достигнуто за счет уменьшения их размеров и массы, а также снижения избыточного давления, необходимого для разрушения (срабатывания) крепежных (запорных) устройств.

1.10. Определение свойств сгораемых веществ и материалов проводится по справочным данным на основании результатов испытаний или расчетом с учетом состояния технологических параметров и режимов по методикам, утвержденным в установленном порядке.

1.11. При внедрении в практику строительства новых видов ЛСК, не рассмотренных в настоящих рекомендациях, проводятся испытания по методикам, утвержденным в установленном порядке.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

2.1. К числу основных параметров легкосбрасываемых конструкций относятся площадь легкосбрасываемой конструкции, перекрывающей проемы в наружном ограждении взрывоопасного помещения, и коэффициент вскрытия ЛСК при взрыве. Пример расчета этих и других параметров легкосбрасываемых конструкций разных видов приведен в прил. 1.

2.2. В качестве основного положения расчетной схемы принято, что эффективность снижения легкосбрасываемыми конструкциями избыточного давления, возникающего во взрывоопасных помещениях при внутренних аварийных взрывах горючих газопаропылевоздушных смесей (ГС), зависит от ряда факторов. Наиболее важными из них являются:

- объем и форма взрывоопасного помещения;
- вид горючей смеси, образующейся во взрывоопасном помещении в аварийных ситуациях, степень загазованности помещения (концентрация) ГС к моменту ее воспламенения, место воспламенения ГС;
- загроможденность взрывоопасного помещения строительными конструкциями (колонны, стропильные фермы, этажерки и т. п.) и оборудованием;
- общая площадь и места расположения в наружном ограждении взрывоопасного помещения проемов, перекрываемых ЛСК;
- эффективность вскрытия ЛСК, зависящая от их вида, геометрических и физических параметров, а также допускаемого избыточного давления и условий взрывного горения ГС во взрывоопасном помещении.

2.3. Площадь проемов, образующихся при вскрытии ЛСК, через которые происходит истечение газа (продуктов горения и непрореагировавшей части ГС) в наружную атмосферу из взрывоопасного помещения, должна быть не меньше площади открытых проемов, обеспечивающих при тех же условиях взрывного горения ГС снижение избыточного давления в помещении до допустимого значения:

$$\sum_{i=1}^{n} S_{\text{ЛСК}i}\, K_{\text{вскр}i}^{\text{ЛСК}} \geq S_{\text{откр.пр}}, \qquad (1)$$

где $S_{\text{ЛСК}i}$ – площадь проемов в наружном ограждении взрывоопасного помещения, перекрываемых ЛСК i-го типа, м^2; $K_{\text{вскр}i}^{\text{ЛСК}}$ – коэффициент вскрытия ЛСК i-го типа при взрыве; $S_{\text{откр.пр}}$ – требуемая площадь открытых проемов в наружном ограждении взрывоопасного помещения, при которой избыточное давление в нем при взрывном горении ГС не превысит допустимое значение, м^2.

Коэффициент $K_{\text{вскр}i}^{\text{ЛСК}}$ показывает, какая доля площади проема, перекрываемого ЛСК, используется при вскрытии конструкции для истечения газа (продуктов горения и непрореагировавшей части горючей смеси) в наружную атмосферу из взрывоопасного помещения.

Площадь $S_{\text{откр.пр}}$ определяется по формуле [4, 9]

$$S_{\text{откр.пр}} = \frac{0{,}105 U_{\text{н.р}}\, \alpha(\varepsilon_{\text{с}} - 1)\, \beta_{\text{ц}} K_{\text{ф}} \sqrt[3]{V_{\text{св}}^2} \sqrt{\rho_0}}{\sqrt{\Delta P_{\text{доп}}}}, \qquad (2)$$

где $U_{\text{н.р}}$ – расчетная нормальная скорость распространения пламени, м/с; α – показатель интенсификации взрывного горения; $\varepsilon_{\text{с}}$ – расчетная степень сжатия продуктов горения при взрыве в замкнутом объеме; $\beta_{\text{ц}}$ – коэффициент, учитывающий степень заполнения объема помещения взрыво-

опасной смесью; $K_ф$ – коэффициент, учитывающий влияние формы помещения и эффект истечения продуктов горения взрывоопасной смеси; $V_{св}$ – свободный объем помещения, м^3; ρ_0 – расчетная плотность газа в помещении перед воспламенением, кг/м^3; $\Delta P_{доп}$ – допустимое избыточное давление в помещении при горении взрывоопасной смеси, кПа.

Следует отметить: формула (2) получена в предположении, что воспламенение горючей смеси происходит в центре взрывоопасного помещения, а открытые проемы в его наружном ограждении размещаются так же, как и проемы, перекрываемые ЛСК, в соответствии с рекомендациями [9]. Если воспламенение горючей смеси происходит не в центре взрывоопасного помещения, а проемы размещаются достаточно равномерно в его наружном ограждении, то определение $S_{откр.тр}$ по формуле (2) проводится с запасом.

Вычисление $S_{откр.тр}$ по формуле (2) можно проводить в тех случаях, когда выполняются следующие условия:

- линейные размеры взрывоопасного помещения по длине, ширине и высоте не более чем в 10 раз отличаются один от другого;

- проемы в элементах (стены, покрытие) наружного ограждения взрывоопасного помещения размещаются достаточно равномерно или вблизи от возможного места воспламенения горючей смеси;

- принимаемое значение $\Delta P_{доп} \leq 75$ кПа.

Если хотя бы одно из указанных условий не выполняется, то в формулу (2) должны вноситься соответствующие коррективы. Эти коррективы могут касаться числового коэффициента в формуле (2) или выражений для определения коэффициентов $\beta_μ$ и $K_ф$.

2.4. В общем случае допустимое избыточное давление в помещении при горении взрывоопасной смеси $\Delta P_{доп}$ принимается равным 5 кПа. Для медленно горящих сред (максимальная нормальная скорость распространения пламени $U_{нmax} \le 0{,}15$ м/с) $\Delta P_{доп}$ принимается равным 3 кПа.

Если расчетная видимая скорость распространения пламени $U_р$ превышает 65 м/с, то следует проводить расчет конструкции здания на устойчивость к воздействию взрывных волн, возникающих при распространении пламени, по методикам, утвержденным в установленном порядке. При этом конструкции здания не должны разрушаться (выходить из строя) при повышении избыточного давления взрыва в помещении до значения $\Delta P_{доп}$, определяемого из выражения

$$\Delta P_{доп} = 0{,}003 U_р^2. \qquad (3)$$

Значение $\Delta P_{доп}$ следует уменьшать либо увеличивать на основании результатов расчета конструкций здания на прочность с учетом динамических нагрузок от взрыва по методикам, утвержденным в установленном порядке.

2.5. Расчетная видимая скорость распространения пламени $U_р$ определяется по формуле

$$U_р = 0{,}5\alpha U_{н.р} (\varepsilon_{рНКПР} + \varepsilon_{рmax}), \qquad (4)$$

где $\varepsilon_{рНКПР}$ – степень теплового расширения продуктов горения ГС с концентрацией горючего, соответствующей НКПР (нижнему концентрационному пределу распространения пламени); $\varepsilon_{рmax}$ – степень теплового расширения продуктов горения ГС с концентрацией горючего, соответствующей $U_{нmax}$.

При отсутствии данных о степени теплового расширения продуктов горения допускается расчетную видимую скорость распространения пламени определять по формуле

$$U_{\text{р}} = 6{,}53\ \alpha U_{\text{н.р}}. \qquad (5)$$

Расчетная нормальная скорость распространения пламени $U_{\text{н.р}}$ определяется по формуле

$$U_{\text{н.р}} = 0{,}55\ U_{\text{нmax}}. \qquad (6)$$

Для газопаровоздушных смесей $U_{\text{нmax}}$ принимается равной нормальной скорости распространения пламени, определяемой применительно к горючей смеси стехиометрического состава по справочным данным.

Для пылевоздушных смесей $U_{\text{нmax}}$ рассчитывается по формуле

$$U_{\text{нmax}} = \left(\frac{dP}{dt}\right)_{\text{max}} r_{\text{э}} \Big/ 1200 P_{\text{max}}, \qquad (7)$$

где $\left(\frac{dP}{dt}\right)_{\text{max}}$ – максимальная скорость нарастания давления при взрыве, кПа/с; $r_{\text{э}}$ – эквивалентный радиус помещения, м; P_{max} – максимальное давление взрыва пылевоздушной смеси, кПа.

Максимальная скорость нарастания давления при взрыве и максимальное давление взрыва пылевоздушной смеси определяются по ГОСТ 12.1.041 [20], по результатам испытаний в соответствии с ГОСТ 12.1.044 [21] или по справочным данным.

Эквивалентный радиус помещения $r_{\text{э}}$ определяется по формуле

$$r_{\text{э}} = 0{,}62 \sqrt[3]{V_{\text{пом}}}, \qquad (8)$$

где $V_{\text{пом}}$ – геометрический объем помещения, м^3.

2.6. Расчетная степень сжатия продуктов горения при взрыве в замкнутом объеме вычисляется по формуле

$$\varepsilon_c = 0{,}5(\varepsilon_{cНКПР} + \varepsilon_{cmax}), \qquad (9)$$

где $\varepsilon_{cНКПР}$ – степень сжатия продуктов горения при взрыве в замкнутом объеме с концентрацией горючего, соответствующей НКПР; ε_{cmax} – степень сжатия продуктов горения при взрыве в замкнутом объеме с концентрацией горючего, соответствующей U_{max}.

Если определяемое по формуле (9) значение ε_c менее 6, то его следует принимать равным 6.

При отсутствии справочных данных допускается принимать ε_c равным 8.

2.7. Значение показателя интенсификации взрывного горения α определяется по табл. 1 в зависимости от степени загроможденности помещения строительными конструкциями и оборудованием $\theta_з$ и объема помещения V, в котором происходит горение взрывоопасной смеси.

Таблица 1

Показатель интенсификации взрывного горения

Степень загроможденности помещения строительными конструкциями и оборудованием $\theta_з$, %	Объем помещения V, м^3							
	100		1000		10 000		100 000 и более	
	Вид конструкций и оборудования							
	Малогабаритные	Крупногабаритные	Малогабаритные	Крупногабаритные	Малогабаритные	Крупногабаритные	Малогабаритные	Крупногабаритные
≤ 3	4	4	5	5	6	6	7	7
6	5	4	7	5	10	6	15	10
10	5	4	8	5	15	8	25	15
≥ 15	6	4	10	6	18	10	30	20

Примечания: 1. Малогабаритные строительные конструкции и оборудование – конструкции и оборудование (или отдельный элемент, рассматриваемый как самостоятельная преграда на пути распространения пламени) с линейными размерами, не превышающими

0,75 м по длине, ширине и высоте, или с относительно большой длиной (трубопровод, колонна, элементы стержневых систем и т. п.) и поперечным сечением не более 0,75 х 0,75 м; крупногабаритные строительные конструкции и оборудование – конструкции и оборудование, линейные размеры которых по длине, ширине и высоте превышают 1,5 м.

2. Если $\theta_з$ определить невозможно, допускается принимать, что строительные конструкции и оборудование занимают 20 % геометрического объема помещения $V_{пом}$.

3. Для промежуточных значений V и $\theta_з$, а также при наличии в помещении как малогабаритных, так и крупногабаритных строительных конструкций и оборудования значение α определяется линейной интерполяцией. Если V менее 100 м^3, значение α определяется линейной интерполяцией, при этом условно принимается, что при $V = 0$ $\alpha = 2$. Для строительных конструкций и оборудования, которые находятся между мало- и крупногабаритными, значение α также определяется линейной интерполяцией.

4. В случае отсутствия данных по процентному соотношению между крупногабаритными и малогабаритными строительными конструкциями и оборудованием допускается принимать, что доля объема, занимаемого крупногабаритными конструкциями и оборудованием, составляет 0,6 $\theta_з$, а малогабаритными – 0,4 $\theta_з$.

5. Данные таблицы используются для расчета водородовоздушных смесей, а также других видов взрывоопасных смесей (за исключением указанных ниже пылевоздушных смесей) с $U_{нр} \le 0{,}5$ м/с. Для взрывоопасных смесей с $U_{нр} > 0{,}5$ м/с (за исключением водородовоздушных смесей и указанных ниже пылевоздушных горючих смесей) в качестве расчетных принимаются табличные значения α, увеличенные в 1,3 раза. Для пылевоздушных смесей, в состав которых входят крахмал, мука, зерновая пыль и им подобные горючие вещества, в качестве расчетных следует принимать табличные значения α, уменьшенные в 2 раза.

Значения V определяются, исходя из условий:

$$V = V_{пом} \text{ при } V_{пл} \ge V_{пом}; \tag{10}$$

$$V = V_{пл} \text{ при } V_{пл} < V_{пом}; \tag{11}$$

$$V_{пл} = 0{,}5\mu_v V_{пом}(\varepsilon_{рНКПР} + \varepsilon_{рmax})$$

$$\text{или } V_{пл} = 6{,}53\mu_v V_{пом}, \tag{12}$$

где $V_{пл}$ – объем пламени, м^3; μ_v – коэффициент степени заполнения объема помещения взрывоопасной смесью и ее участия во взрыве.

Коэффициент μ_v рассчитывается по формуле

$$\mu_v = \frac{2000mZ}{V_{св}(C_{НКПР} + C_{max})}, \quad (13)$$

где m – масса горючего газа или паров жидкости, поступающих в помещение в аварийных ситуациях, или количество пыли, которое может образовать взрывоопасную смесь, кг, определяется по СП 12.13130.2009 [22]; Z – коэффициент участия горючего во взрыве, определяется также по СП 12.13130; $C_{НКПР}$ – массовая концентрация горючего в горючей среде, соответствующая НКПР, г/м^3, определяется по прил. 2 и 3; C_{max} – массовая концентрация горючего в горючей среде, соответствующая U_{max}, г/м^3, определяется по прил. 2 и 3.

Если рассчитываемое по формуле (13) значение $\mu_v > 1$, то следует принимать $\mu_v = 1$.

2.8. Коэффициент β_μ, учитывающий степень заполнения объема помещения взрывоопасной смесью, рассчитывается в зависимости от величины коэффициента μ_v по формулам:

$$\beta_\mu = 0, \quad \text{если} \quad \mu_v \le \mu_1 = \frac{0{,}01\Delta P_{доп}}{\varepsilon_c - 1}; \quad (14)$$

$$\beta_\mu = 1, \quad \text{если} \quad \mu_v \ge \mu_2 = \frac{1{,}3}{\varepsilon_c}; \quad (15)$$

$$\beta_\mu = \frac{\mu_v - \mu_1}{\mu_2 - \mu_1}, \quad \text{если} \quad \mu_1 < \mu_v < \mu_2. \quad (16)$$

2.9. Коэффициент $K_ф$, учитывающий влияние формы помещения и эффект истечения продуктов горения взрывоопасной смеси, при $\mu_v \geq \mu_2$, определяется по формулам:

$$K_ф = \frac{0{,}5(b_п^2 + h_п^2)}{\sqrt[3]{V_{пом}^2}}, \quad \text{если} \quad h_п \leq a_п; \tag{17}$$

$$K_ф = \frac{0{,}5(b_п^2 + a_п^2)}{\sqrt[3]{V_{пом}^2}}, \quad \text{если} \quad h_п > a_п, \tag{18}$$

где $a_п$, $b_п$ и $h_п$ – соответственно длина, ширина и высота помещения, м.

Если $\mu_v < 0{,}01$, следует принимать $K_ф = 1$. Для $0{,}01 < \mu_v < \mu_2$ значение $K_ф$ определяется линейной интерполяцией.

Если расчетное значение $K_ф$ более 1 или менее 0,35, то следует принимать $K_ф$ равным соответственно 1 или 0,35.

2.10. Свободный объем взрывоопасного помещения $V_{св}$ определяется по формуле

$$V_{св} = V_{пом}(1 - 0{,}01\,\theta_з), \tag{19}$$

где $V_{пом}$ – геометрический объем помещения, м^3; $\theta_з$ – степень загроможденности помещения строительными конструкциями и оборудованием, %:

$$\theta_з = 100\frac{V_{обор}}{V_{пом}},$$

где $V_{обор}$ – объем оборудования в помещении, м^3.

2.11. Расчетная плотность газа в помещении перед воспламенением ρ_0 вычисляется по формуле

$$\rho_0 = \frac{0{,}5367\mu_v^*(\rho_{НКПР} + \rho_{пах})}{1 + 0{,}00367\,t_0} + (1 - \mu_v^*)\frac{1{,}294}{1 + 0{,}00367\,t_0}, \tag{20}$$

где μ_v^* – коэффициент степени заполнения объема помещения взрывоопасной смесью; $\rho_{НКПР}$ – плотность горючей сре-

ды при концентрации горючего, соответствующей НКПР, кг/м^3; ρ_{max} – плотность горючей среды при концентрации горючего, соответствующей $U_{нпах}$, кг/м^3; t_0 – максимальная температура воздуха в помещении перед воспламенением, ^{0}С;

$$\mu_v^* = \mu_v / Z. \quad (21)$$

Если определяемое по формуле (21) значение $\mu_v^* > 1$, следует принимать $\mu_v^* = 1$.

При отсутствии справочных данных расчетную плотность газа в помещении перед воспламенением ρ_0 допускается определять по формуле

$$\rho_0 = \frac{0{,}036\,\mu_v^* + 1{,}294}{1 + 0{,}00367\,t_0}. \quad (22)$$

2.12. Коэффициент вскрытия остекления при взрыве определяется: для одинарного остекления $K_{вскр}^{1ост}$ – по табл. 2, для двойного остекления $K_{вскр}^{2ост}$ – по табл. 3 в зависимости от значения приведенного давления вскрытия оконного остекления $\Delta P_{доп}^*$.

Значение приведенного давления вскрытия оконного остекления $\Delta P_{доп}^*$ рассчитывается по формуле

$$\Delta P_{доп}^* = \frac{\Delta P_{доп}}{K_{Sh} K_\lambda}, \quad (23)$$

где K_{Sh} – коэффициент, определяемый в зависимости от площади и толщины стекла, используемого для устройства ЛСК; K_λ – коэффициент, определяемый в зависимости от соотношения сторон листа стекла.

Коэффициент K_{Sh} определяется по табл. 4.

Таблица 2

Коэффициент вскрытия одинарного остекления при взрыве

$\Delta P^{*}_{\text{доп}}$	$K^{1\,\text{ост}}_{\text{вскр}}$	$\Delta P^{*}_{\text{доп}}$	$K^{1\,\text{ост}}_{\text{вскр}}$	$\Delta P^{*}_{\text{доп}}$	$K^{1\,\text{ост}}_{\text{вскр}}$
3	0,000	9	0,399	15	0,915
4	0,005	10	0,534	16	0,929
5	0,030	11	0,659	17	0,936
6	0,080	12	0,762	18	0,939
7	0,161	13	0,837	19	0,940
8	0,270	14	0,886	20	0,940

Примечания: 1. При $\Delta P^{*}_{\text{доп}} < 3$ кПа $K^{1\,\text{ост}}_{\text{вскр}} = 0$, при $\Delta P^{*}_{\text{доп}} > 20$ кПа $K^{1\,\text{ост}}_{\text{вскр}} = 0{,}94$.

2. Для промежуточных значений $\Delta P^{*}_{\text{доп}}$ значения $K^{1\,\text{ост}}_{\text{вскр}}$ определяются линейной интерполяцией.

Таблица 3

Коэффициент вскрытия двойного остекления при взрыве

$\Delta P^{*}_{\text{доп}}$	$K^{2\,\text{ост}}_{\text{вскр}}$	$\Delta P^{*}_{\text{доп}}$	$K^{2\,\text{ост}}_{\text{вскр}}$	$\Delta P^{*}_{\text{доп}}$	$K^{2\,\text{ост}}_{\text{вскр}}$
7	0,000	15	0,379	23	0,894
8	0,004	16	0,474	24	0,912
9	0,014	17	0,564	25	0,924
10	0,036	18	0,648	26	0,931
11	0,074	19	0,721	27	0,935
12	0,130	20	0,782	28	0,938
13	0,202	21	0,831	29	0,939
14	0,287	22	0,867	30	0,940

Примечания: 1. При $\Delta P^{*}_{\text{доп}} < 7$ кПа $K^{2\,\text{ост}}_{\text{вскр}} = 0$, при $\Delta P^{*}_{\text{доп}} \geq 30$ кПа $K^{2\,\text{ост}}_{\text{вскр}} = 0{,}94$.

2. Для промежуточных значений $\Delta P^{*}_{\text{доп}}$ значения $K^{2\,\text{ост}}_{\text{вскр}}$ определяются линейной интерполяцией.

Таблица 4

Значения коэффициента K_{Sh} в зависимости от площади и толщины стекол легкосбрасываемых конструкций

Толщина стекла $h_{ст}$, мм	Площадь стекла $S_{ст}$, м^2										
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5
3	0,435	0,370	0,320	0,280	0,275	0,255	0,235	–	–	–	–
4	–	0,550	0,480	0,420	0,375	0,375	0,335	0,305	0,260	–	–
5	–	–	–	–	0,535	0,500	0,450	0,410	0,340	0,285	0,250

Примечание. Для промежуточных значений $S_{ст}$ значения K_{Sh} определяются линейной интерполяцией.

Площадь стекла $S_{ст}$ определяется по формуле

$$S_{ст} = a_{ст} \cdot b_{ст}, \quad (24)$$

где $a_{ст}$ – расчетный размер меньшей стороны стекла, м; $b_{ст}$ – расчетный размер большей стороны стекла, м.

Расчетные размеры стекла определяются по формулам:

$$a_{ст} = a_{пр} + 3h_{ст}; \quad (25)$$

$$b_{ст} = b_{пр} + 3h_{ст}, \quad (26)$$

где $a_{пр}$ – размер проема в направлении меньшей стороны стекла, м; $b_{пр}$ – размер проема в направлении большей стороны стекла, м; $h_{ст}$ – толщина стекла, м.

Коэффициент K_{λ} определяется по табл. 5.

Таблица 5

Значения коэффициента K_{λ} в зависимости от величины $\lambda_{ст}$

K_{λ}	$\lambda_{ст}$	K_{λ}	$\lambda_{ст}$
1,25	0,3	1,00	0,7
1,11	0,4	1,01	0,8
1,04	0,5	1,06	0,9
1,01	0,6	1,15	1,0

Коэффициент $\lambda_{ст}$ рассчитывается по формуле

$$\lambda_{ст}=\frac{a_{ст}}{b_{ст}}. \quad (27)$$

2.13. Коэффициент $K_{вскр}^{ЛСК}$ вскрытия вращаемых и смещаемых ЛСК определяется по формуле

$$K_{вскр}^{ЛСК}=\frac{S_{откр.тр}(a_{ЛСК}+b_{ЛСК})\Delta p_{вскр}K_{с.м}K_{з.п}}{K_{п.в}\alpha^3 U_{и.р}\sqrt[3]{\rho_0}M_{ЛСК}}, \quad (28)$$

где $S_{откр.тр}$ – требуемая площадь открытых проемов в наружном ограждении взрывоопасного помещения, при которой избыточное давление в нем при взрывном горении ГС не превысит $\Delta P_{доп}$, м^2; $a_{ЛСК}$, $b_{ЛСК}$ – размеры соответственно горизонтальной и вертикальной сторон ЛСК, м; $\Delta p_{вскр}$ – избыточное давление в помещении, при котором начинается вскрытие ЛСК, кПа; $K_{с.м}$ – коэффициент, учитывающий влияние собственной массы ЛСК в зависимости от ее конструктивных особенностей и условий расположения в наружном ограждении; $K_{з.п}$ – коэффициент, учитывающий заужение проема при вскрытии вращаемых ЛСК; $K_{п.в}$ – коэффициент формирования взрывной нагрузки на конструкции; $M_{ЛСК}$ – масса подвижной (вращаемой или смещаемой) части элемента ЛСК, кг.

Коэффициент $K_{вскр}^{ЛСК}$ для вращаемых и смещаемых ЛСК принимается не более 1.

2.14. Значения $\Delta p_{вскр}$ определяются с помощью следующих формул (из двух значений по каждой формуле в качестве расчетного принимается большее):

а) для вращаемых конструкций, размещаемых в стенах помещения:

$$\left.\begin{aligned}\Delta p_{\text{вскр}} &= 1 \text{ кПа},\\ \Delta p_{\text{вскр}} &= 2{,}5\, p_{\text{р.в}} + p_{\text{д.н}};\end{aligned}\right\} \quad (29)$$

б) для смещаемых конструкций, размещаемых в стенах помещения:

$$\left.\begin{aligned}\Delta p_{\text{вскр}} &= 2 \text{ кПа},\\ \Delta p_{\text{вскр}} &= 3{,}5\, p_{\text{р.в}} + p_{\text{д.н}};\end{aligned}\right\} \quad (30)$$

в) для смещаемых конструкций, размещаемых в покрытии помещения:

$$\left.\begin{aligned}\Delta p_{\text{вскр}} &= 1{,}5 \text{ кПа},\\ \Delta p_{\text{вскр}} &= p_{\text{с.м}} + p_{\text{д.н}} + p_{\text{р.сн}},\end{aligned}\right\} \quad (31)$$

где $p_{\text{р.в}}$ – расчетная ветровая нагрузка, кПа, определяется по СП 20.13330.2011 (СНиП 2.01.07-85*) [23]; $p_{\text{д.н}}$ – дополнительная нагрузка, которую необходимо приложить к ЛСК изнутри помещения для того, чтобы вызвать ее отделение от остальной части наружной ограждающей конструкции, кПа; $p_{\text{с.м}}$ – нагрузка от собственной массы вскрывающегося облегченного элемента покрытия, приходящаяся на единицу площади ЛСК, кПа; $p_{\text{р.сн}}$ – расчетная снеговая нагрузка на покрытие помещения, кПа, определяется по СП 20.13330 (СНиП 2.01.07-85*). В дальнейшем принимается, что очистка покрытия от снега не производится.

Значение $p_{\text{д.н}}$ определяется на основании экспериментальных данных или рассчитывается, исходя из принятой конструкции и способа крепления ЛСК. В расчете для смещаемых ЛСК, размещаемых в покрытии, должны быть соблюдены условия:

$$p_{\text{д.н}} \geq 2{,}5\, p_{\text{р.в}} - p_{\text{с.м}} \text{ при } 2{,}5\, p_{\text{р.в}} - p_{\text{с.м}} > 0; \quad (32)$$

$$p_{\text{д.н}} \geq 0 \text{ при } 2{,}5\, p_{\text{р.в}} - p_{\text{с.м}} \leq 0. \quad (33)$$

В случае отсутствия необходимых данных (например, о влиянии сил трения, водоизоляционного ковра и других факторов на вскрытие ЛСК) для определения величины $p_{д.н}$ может использоваться дополнительное неравенство

$$p_{д.н} \geq 0{,}5\ (p_{с.м} + p_{р.сн}). \qquad (34)$$

При этом в качестве расчетного следует принимать наибольшее значение $p_{д.н}$, удовлетворяющее условиям (32)–(34).

Конструкция ЛСК должна обеспечивать значение $\Delta p_{вскр}$ не более $0{,}77\Delta P_{доп}$.

2.15. Значение коэффициента $K_{п.в}$ определяется по табл. 6 в зависимости от расчетной степени сжатия продуктов горения при взрыве в замкнутом объеме ε_c и значения K_Δ:

$$K_\Delta = \Delta P_{доп} \Big/ \Delta p_{вскр}. \qquad (35)$$

Таблица 6

Значения коэффициента $K_{п.в}$ в зависимости от ε_c и K_Δ

ε_c	K_Δ								
	1,3	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
6	2,390	1,330	0,612	0,353	0,181	0,111	0,076	0,054	0,030
7	3,060	1,730	0,804	0,467	0,242	0,150	0,104	0,074	0,042
8	3,800	2,180	1,020	0,596	0,312	0,196	0,136	0,097	0,056
9	4,710	2,740	1,290	0,737	0,400	0,253	0,177	0,126	0,074
10	5,880	3,460	1,640	0,965	0,511	0,327	0,231	0,165	0,098

Примечания: 1. Для промежуточных значений K_Δ и ε_c значение $K_{п.в}$ определяется линейной интерполяцией.

2. При $K_\Delta > 5K_{п.в}$ принимается $K_\Delta = 5$.

2.16. Коэффициент $K_{с.м}$, учитывающий влияние собственной массы ЛСК, вычисляется с использованием критерия Y:

$$Y = \frac{\Delta p_{\text{вскр}} S_{\text{ЛСК}i}}{M_{\text{ЛСК}}\, g}, \tag{36}$$

где $\Delta p_{\text{вскр}}$ – избыточное давление в помещении, при котором начинается вскрытие ЛСК, Па; $S_{\text{ЛСК}i}$ – площадь одного элемента ЛСК i-го типа, м^2; $M_{\text{ЛСК}}$ – масса подвижной (вращаемой или смещаемой) части элемента ЛСК, кг; g – ускорение свободного падения, м/с^2;

$K_{\text{с.м}} = 1$ – для вращаемых ЛСК с вертикальным шарниром и смещаемых ЛСК, размещаемых в стенах, при этом должно выполняться условие $Y \geq 0{,}3$.

Для смещаемых ЛСК, размещаемых в покрытии, $K_{\text{с.м}}$ определяется по формуле (при этом должно выполняться условие $Y \geq 1{,}5$):

$$K_{\text{с.м}} = 1 - \frac{1}{Y}. \tag{37}$$

Для вращаемых ЛСК с горизонтальным шарниром, устраиваемых в стенах, $K_{\text{с.м}}$ определяется по формулам:

1) при нижнем шарнире (при этом должно выполняться условие $Y \geq 0{,}5$):

$$K_{\text{с.м}} = 1 + \frac{0{,}3}{Y}; \tag{38}$$

2) при верхнем шарнире (при этом должно выполняться условие $Y \geq 1$):

$$K_{\text{с.м}} = 1 - \frac{0{,}6}{Y}. \tag{39}$$

2.17. Коэффициент $K_{\text{з.п}}$, учитывающий заужение проема при вскрытии вращаемых и смещаемых ЛСК, определяется по формулам:

а) для вращаемых ЛСК с вертикальным шарниром, размещаемых в стенах:

$$K_{з.п} = \frac{(a_{пр} - h_{з.п})}{a_{пр}}; \quad (40)$$

б) для вращаемых ЛСК с горизонтальным шарниром, размещаемых в стенах:

$$K_{з.п} = \frac{(b_{пр} - h_{з.п})}{b_{пр}}, \quad (41)$$

где $a_{пр}$ – размер проема в направлении меньшей стороны ЛСК, м; $b_{пр}$ – размер проема в направлении большей стороны ЛСК, м; $h_{з.п}$ – величина заужения проема относительно плоскости конструкции, м;

в) при заужении проема в случае неполного открывания шарнирной конструкции

$$K_{з.п} = S_{\propto пред} \Big/ S_{\propto}, \quad (42)$$

где $S_{\propto пред}$ – площадь проходного сечения для газа, истекающего наружу, при повороте конструкции на угол $\propto_{пред}$, м^2; $S_{\propto}$ – площадь проходного сечения проема, закрываемого шарнирной конструкцией, м^2;

г) для смещаемых ЛСК $K_{з.п} = 1$.

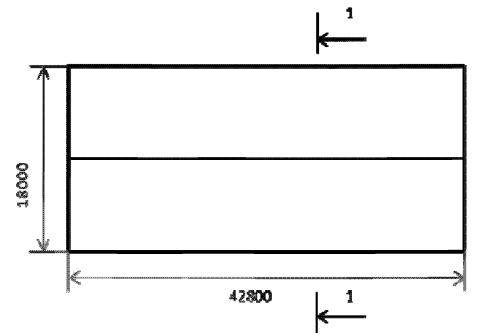
При определении $K_{з.п}$ в качестве расчетного принимается меньшее из значений, полученных по формулам (40)–(42).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Пример расчета параметров легкосбрасываемых конструкций

Рассмотрим случай расчета ЛСК при образовании в производственном помещении газовоздушной взрывоопасной смеси. Взрывоопасное производственное здание состоит из одного помещения (рис. 1).

а



б

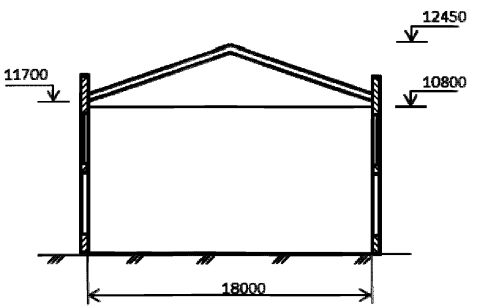


Рис. 1. Производственное здание:

а – план; *б* – разрез (1–1 на рис. 1*а*). Размеры указаны в мм

Длина $a_{\text{п}}$ и ширина $b_{\text{п}}$ помещения составляют соответственно 42,8 и 18,0 м. Согласно разрезу помещения (1–1 на рис. 1) расчетная высота помещения $h_{\text{п}} = 12{,}075$ м.

Геометрический объем помещения $V_{\text{пом}}$ определяется по формуле

$$V_{\text{пом}} = a_{\text{п}} \cdot b_{\text{п}} \cdot h_{\text{п}} = 42{,}8 \cdot 18 \cdot 12{,}075 = 9302{,}58 \text{ м}^3.$$

Согласно примеч. 2 и 4 к табл. 1 принимается, что строительные конструкции и оборудование занимают 20 % геометрического объема помещения, причем 60 % занимают крупногабаритные строительные конструкции и оборудование, а 40 % – малогабаритные.

Свободный объем помещения $V_{\text{св}}$ рассчитывается по формуле (19):

$$V_{\text{св}} = 9302{,}58\ (1 - 0{,}01 \cdot 20) = 7442{,}064 \text{ м}^3.$$

В помещении в аварийной ситуации может образовываться метановоздушная горючая смесь. Давление и температура в помещении до воспламенения горючей смеси принимаются равными $p_0 = 101{,}3$ кПа, $t_0 = 20$ °С.

Коэффициент степени заполнения объема помещения горючей смесью и участия ее во взрыве $\mu_v = 1$.

Характеристики горючей смеси принимаются по данным таблицы прил. 2:

$\rho_{m\max} = 1{,}13$ кг/м^3; $\varepsilon_{p m\max} = 7{,}6$; $\varepsilon_{cm\max} = 9{,}1$; $U_{нm\max} = 0{,}28$ м/с;

$\rho_{НКПР} = 1{,}15$ кг/м^3; $\varepsilon_{pНКПР} = 5{,}0$; $\varepsilon_{cНКПР} = 6{,}0$.

Расчетные характеристики ГС вычисляются по соответствующим формулам.

Расчетная нормальная скорость распространения пламени определяется по формуле (6):

$$U_{н.р} = 0{,}55 \cdot 0{,}28 = 0{,}154 \text{ м/с}.$$

Расчетная плотность газа в помещении перед воспламенением смеси определяется по формуле (20):

$$\rho_0 = \frac{0{,}5367 \cdot 1\,(1{,}15 + 1{,}13)}{1 + 0{,}00367 \cdot 20} = 1{,}14 \text{ кг/м}^3.$$

Расчетная степень сжатия продуктов горения при взрыве в замкнутом объеме определяется по формуле (9):

$\varepsilon_c = 0{,}5\,(6{,}0 + 9{,}1) = 7{,}55.$

Объем помещения V, в котором происходит горение взрывоопасной смеси, определяется из условий (10)–(12):

$V_{пл} = 0{,}5 \cdot 1 \cdot 9302{,}58\,(5{,}0 + 7{,}6) = 58\,606{,}25 \text{ м}^3$,

$V = V_{цом} = 9302{,}58 \text{ м}^3$.

Показатель интенсификации взрывного горения α определяется линейной интерполяцией по табл. 1 в зависимости от степени загроможденности помещения строительными конструкциями и оборудованием $\theta_з$ и объема V, в котором происходит горение взрывоопасной смеси:

- для малогабаритных строительных конструкций и оборудования при $\theta_з = 20$ %:

$$\alpha = 10 + \frac{(18 - 10)\,(9302{,}58 - 1000)}{(10\,000 - 1000)} = 17{,}38;$$

- для крупногабаритных строительных конструкций и оборудования при $\theta_з = 20$ %:

$$\alpha = 6 + \frac{(10 - 6)\,(9302{,}58 - 1000)}{(10\,000 - 1000)} = 9{,}69;$$

- для 60 % крупногабаритных и 40 % малогабаритных строительных конструкций и оборудования:

$\alpha = 0{,}6 \cdot 9{,}69 + 0{,}4 \cdot 17{,}38 = 12{,}77.$

Допустимое избыточное давление в помещении $\Delta P_{доп}$ принимается равным 5 кПа.

В соответствии с формулами (14)–(16) коэффициент $\beta_{\mu} = 1$.

Коэффициент, учитывающий влияние формы помещения и эффект истечения продуктов горения взрывоопасной ГС, определяется по формуле (17), так как $h_{п} = 12{,}075$ м $< a_{п} = 42{,}8$ м:

$$K_{ф} = \frac{0{,}5(18^2 + 12{,}075^2)}{\sqrt[3]{9302{,}58^2}} = 0{,}531.$$

Требуемая площадь открытых проемов в наружном ограждении взрывоопасного помещения, при которой избыточное давление в нем при взрывном горении ГС не превысит $\Delta P_{доп}$, определяется по формуле (2):

$$S_{откр.пр} = \frac{0{,}105 \cdot 0{,}154 \cdot 12{,}77 \cdot (7{,}55 - 1) \cdot 1 \cdot 0{,}531 \cdot \sqrt{1{,}14} \cdot \sqrt[3]{7442{,}064^2}}{\sqrt{5}} =$$

$= 130{,}72$ м^2.

Расчетная видимая скорость распространения пламени определяется по формуле (4):

$U_{р} = 0{,}5 \cdot 12{,}77 \cdot 0{,}154 \cdot (5{,}0 + 7{,}6) = 12{,}39$ м/с.

Поскольку $U_{р} < 65$ м/с, возможно эффективное использование ЛСК для снижения избыточного давления взрыва в помещении до принятой допустимой величины 5 кПа.

Рассмотрим четыре варианта применения ЛСК разных видов.

Вариант 1. В качестве ЛСК для снижения избыточного давления взрыва в помещении рассматривается оконный переплет, показанный на рис. 2.

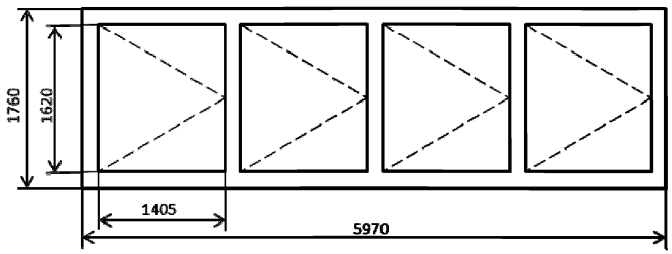


Рис. 2. Схема оконного переплета

Оконный переплет имеет четыре одинаковых застекленных проема.

Принимается, что для застекления оконных проемов используется стекло толщиной 5 мм. Остекление одинарное и двойное.

Расчетные размеры стекол определяются по формулам (25) и (26):

$a_{ст} = 1{,}405 + 3 \cdot 0{,}005 = 1{,}42$ м;

$b_{ст} = 1{,}62 + 3 \cdot 0{,}005 = 1{,}635$ м.

Площадь стекла $S_{ст}$ определяется по формуле (24):

$S_{ст} = 1{,}42 \cdot 1{,}635 = 2{,}32$ м^2.

Коэффициент $\lambda_{ст}$ рассчитывается по формуле (27):

$$\lambda_{ст} = \frac{1{,}42}{1{,}635} = 0{,}8685.$$

Линейной интерполяцией определяются коэффициенты K_{Sh} и K_{λ} (см. табл. 4 и 5):

$$K_{Sh} = 0{,}41 + \frac{(0{,}34 - 0{,}41)(2{,}32 - 2)}{(2{,}5 - 2)} = 0{,}365;$$

$$K_{\lambda} = 1{,}01 + \frac{(1{,}06 - 1{,}01)(0{,}8685 - 0{,}8)}{(0{,}9 - 0{,}8)} = 1{,}044.$$

Значение приведенного давления вскрытия оконного остекления определяется по формуле (23):

$$\Delta P^{**}_{\text{доп}} = \frac{5}{0{,}365 \cdot 1{,}044} = 13{,}12 \text{ кПа}.$$

Коэффициент вскрытия одинарного остекления при взрыве определяется по табл. 2 линейной интерполяцией:

$$K^{1\text{ост}}_{\text{вскр}} = 0{,}837 + \frac{(0{,}886 - 0{,}837)(13{,}12 - 13)}{(14 - 13)} = 0{,}843.$$

Таким образом, при устройстве одинарного остекления с использованием оконных переплетов, показанных на рис. 2, обеспечивается достаточно высокая эффективность вскрытия ЛСК.

Коэффициент вскрытия двойного остекления при взрыве определяется по табл. 3 линейной интерполяцией:

$$K^{2\text{ост}}_{\text{вскр}} = 0{,}202 + \frac{(0{,}287 - 0{,}202)(13{,}12 - 13)}{(14 - 13)} = 0{,}212.$$

Таким образом, при устройстве двойного остекления с использованием оконных переплетов, показанных на рис. 2, эффективность вскрытия ЛСК может быть сравнительно невысокой.

Площадь ЛСК в наружном ограждении помещения определяется по формуле (1):

- при использовании одинарного остекления:

$$S_{\text{ЛСК}} \geq \frac{130{,}72}{0{,}843} \geq 155{,}065 \text{ м}^2;$$

- при использовании двойного остекления:

$$S_{\text{ЛСК}} \geq \frac{130{,}72}{0{,}212} \geq 616{,}6 \text{ м}^2.$$

Вариант 2. В качестве ЛСК рассмотрим смещаемую панель в стене. Принимаем, что размеры смещаемой части (одного элемента) равны размерам остекленного проема на рис. 2 и составляют 1,405 х 1,62 м, масса смещаемой части 50 кг; ветровая нагрузка 0,5 кПа. Конструкция крепления обеспечивает отделение ЛСК от остальной части наружной ограждающей конструкции при давлении 1,0 кПа.

Площадь элемента ЛСК $S_{\text{ЛСК}i}$ определяется по формуле

$$S_{\text{ЛСК}i} = a_{\text{пр}} \cdot b_{\text{пр}} = 1{,}405 \cdot 1{,}62 = 2{,}276 \text{ м}^2.$$

Избыточное давление в помещении, при котором начинается вскрытие ЛСК, определяется из выражения (30):

$$\Delta p_{\text{вскр}} = 2 \text{ кПа};$$

$$\Delta p_{\text{вскр}} = 3{,}5 \cdot 0{,}5 + 1{,}0 = 2{,}75 \text{ кПа}.$$

Окончательно принимается большее значение $\Delta p_{\text{вскр}} = 2{,}75$ кПа.

Видно, что конструкция ЛСК обеспечивает значение $\Delta p_{\text{вскр}}$ не более 0,77 $\Delta P_{\text{доп}}$.

По формуле (35) рассчитывается значение коэффициента K_{Δ}:

$$K_{\Delta} = \frac{5}{2{,}75} = 1{,}82.$$

Значение коэффициента формирования взрывной нагрузки на конструкции $K_{\text{п.в}}$ определяется методом линейной интерполяции по табл. 6:

- для $K_{\Delta} = 1{,}75$, $\varepsilon_c = 7{,}55$:

$$K_{\text{п.в}} = 0{,}804 + \frac{(1{,}020 - 0{,}804)(7{,}55 - 7{,}0)}{(8 - 7)} = 0{,}9228;$$

- для $K_{\Delta} = 2{,}0$, $\varepsilon_c = 7{,}55$:

$$K_{\text{п.в}} = 0{,}467 + \frac{(0{,}596 - 0{,}467)(7{,}55 - 7{,}0)}{(8 - 7)} = 0{,}5380;$$

- для $K_{\Delta} = 1{,}82$, $\varepsilon_c = 7{,}55$:

$$K_{\text{п.в}} = 0{,}9228 - \frac{(0{,}9228 - 0{,}5380)(1{,}82 - 1{,}75)}{(2 - 1{,}75)} = 0{,}8151.$$

Значение критерия Y определяется по формуле (36):

$$Y = \frac{2750 \cdot 2{,}276}{50 \cdot 9{,}81} = 12{,}76.$$

Значение коэффициента $K_{\text{с.м}}$ определяется в соответствии с п. 2.16:

$K_{\text{с.м}} = 1$, поскольку $Y > 0{,}3$.

Коэффициент вскрытия смещаемой ЛСК определяется по формуле (28):

$$K_{\text{вскр}}^{\text{ЛСК}} = \frac{130{,}72 \cdot (1{,}405 + 1{,}62) \cdot 2{,}75 \cdot 1 \cdot 1}{0{,}8151 \cdot 12{,}77^3 \cdot 0{,}154^3 \cdot \sqrt{1{,}14} \cdot 50} = 3{,}286;$$

Окончательно принимается $K_{\text{вскр}}^{\text{ЛСК}} = 1$.

Площадь ЛСК в наружном ограждении (стенах) помещения при использовании смещаемых панелей принятого типа по формуле (1) будет равна:

$$S_{\text{ЛСК}} \geq \frac{130{,}72}{1} \geq 130{,}72 \ \text{м}^2.$$

Вариант 3. В качестве ЛСК рассмотрена вращаемая конструкция с вертикальным шарниром, аналогичная

по размерам и массе рассмотренной во втором варианте смещаемой конструкции.

Принимаем, что конструкция при вскрытии поворачивается на угол 90° и зауживает сбросной проем на 0,1 м. Крепление конструкции обеспечивает отделение ЛСК от остальной части наружной ограждающей конструкции помещения при давлении 0,5 кПа.

По выражению (29) определяется значение $\Delta p_{\text{вскр}}$:

$$\begin{cases} \Delta p_{\text{вскр}} = 1 \text{ кПа}; \\ \Delta p_{\text{вскр}} = 2{,}5 \cdot 0{,}5 + 0{,}5 = 1{,}75 \text{ кПа}. \end{cases}$$

Окончательно принимается $\Delta p_{\text{вскр}} = 1{,}75$ кПа.

Значение коэффициента K_{Δ} определяется по формуле (35):

$$K_{\Delta} = \frac{5}{1{,}75} = 2{,}86 \cdot$$

Значение коэффициента формирования взрывной нагрузки на конструкции $K_{\text{п.в}}$ определяется методом линейной интерполяции по табл. 6:

- для $K_{\Delta} = 2{,}5$, $\varepsilon_{\text{с}} = 7{,}55$:

$$K_{\text{п.в}} = 0{,}242 + \frac{(0{,}312 - 0{,}242)(7{,}55 - 7{,}0)}{(8 - 7)} = 0{,}2805;$$

- для $K_{\Delta} = 3{,}0$, $\varepsilon_{\text{с}} = 7{,}55$:

$$K_{\text{п.в}} = 0{,}150 + \frac{(0{,}196 - 0{,}150)(7{,}55 - 7{,}0)}{(8 - 7)} = 0{,}1753;$$

- для $K_{\Delta} = 2{,}86$, $\varepsilon_{\text{с}} = 7{,}55$:

$$K_{\text{п.в}} = 0{,}2805 - \frac{(0{,}2805 - 0{,}1753)(2{,}86 - 2{,}5)}{(3 - 2{,}5)} = 0{,}2048.$$

Значение критерия Y определяется по формуле (36):

$$Y = \frac{1750 \cdot 2{,}276}{50 \cdot 9{,}81} = 8{,}12.$$

Значение коэффициента $K_{\text{с.м}}$, учитывающего влияние собственной массы ЛСК, определяется по соотношениям п. 2.16. Поскольку $Y > 0{,}3$, то для вращаемых ЛСК с вертикальным шарниром принимается $K_{\text{с.м}} = 1$.

Коэффициент $K_{\text{з.п}}$, учитывающий заужение проема при вскрытии вращаемых ЛСК, определяется по соотношениям п. 2.17. Поскольку конструкция открывается на 90° и заужение проема происходит на 0,1 м, то $K_{\text{з.п}} = \frac{1{,}405 - 0{,}1}{1{,}405} = 0{,}92.$

Коэффициент вскрытия вращаемой ЛСК определяется по формуле (28):

$$K_{\text{вскр}}^{\text{ЛСК}} = \frac{130{,}72 \cdot (1{,}405 + 1{,}62) \cdot 1{,}75 \cdot 1 \cdot 0{,}92}{0{,}2048 \cdot 12{,}77^3 \cdot 0{,}154^3 \cdot \sqrt{1{,}14} \cdot 50} = 7{,}656.$$

Окончательно принимается $K_{\text{вскр}}^{\text{ЛСК}} = 1$.

Площадь ЛСК в наружном ограждении (стенах) помещения при использовании вращаемых конструкций рассмотренного типа по формуле (1) будет равна:

$$S_{\text{ЛСК}} \geq \frac{130{,}72}{1} \geq 130{,}72 \text{ м}^2.$$

Вариант 4. В качестве ЛСК рассмотрены облегченные элементы покрытия взрывоопасного помещения. При проведении расчетов использованы также указания, изложенные в [9].

Размеры единичной ЛСК: длина $a_{\text{пр}} = 6$ м, ширина $b_{\text{пр}} = 6$ м.

В дальнейших расчетах принимается следующее: облегченные элементы расположены на покрытии таким образом, что при вскрытии они не оказывают влияния друг

на друга и коэффициент, учитывающий при вскрытии влияние взаимного расположения этих элементов, равен 1. Это допущение сделано в соответствии с [9]. Принимается также, что механизм крепления ЛСК отсутствует.

В соответствии с СП 4.13130.2013 [1] расчетная нагрузка от массы легкосбрасываемых конструкций покрытия (в расчете на 1 м^2 площади) должна составлять не более 0,7 кПа.

Таким образом, принимается $p_{\text{с.м}} = 0{,}7$ кПа.

Наибольшая высота рассматриваемого здания составляет 12,45 м. С учетом толщины покрытия при определении эффекта действия ветровой нагрузки на покрытие принимается с запасом высота 15 м. При определении как ветровой, так и снеговой нагрузок считается, что угол наклона кровли не превышает 10°.

Согласно СП 20.13330 (СНиП 2.01.07-85*) [23] можно получить:

$s_0 = 1$ кПа; $\mu = 1$; $w_0 = 0{,}38$ кПа; $k = 0{,}75$; $c_e = -0{,}7$; $\zeta = 0{,}99$; $\gamma_f = 1{,}4$,

где s_0 – нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия; μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие; w_0 – нормативное значение ветрового давления; k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте; c_e – аэродинамический коэффициент; ζ – коэффициент пульсаций давления ветра; γ_f – коэффициент надежности по ветровой нагрузке.

Величина снеговой нагрузки рассчитывается по формуле

$$p_{\text{р.сн}} = s_0 \cdot \mu \cdot \gamma_f = 1 \cdot 1 \cdot 1{,}4 = 1{,}4 \text{ кПа}.$$

Величина ветровой нагрузки определяется по формуле

$$p_{р.в} = w_0 \cdot k \cdot c_e \cdot \gamma_f (1 + K_Д \zeta),$$

где $K_Д$ – коэффициент динамичности, $K_Д = 1{,}1$ [8];

$$p_{р.в} = 0{,}38 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}7 \cdot 1{,}4 \cdot (1 + 1{,}1 \cdot 0{,}99) = 0{,}583 \text{ кПа}.$$

Определяется эффективность вскрытия ЛСК в случае, когда очистка покрытия взрывоопасного помещения от снега не производится.

По формуле (32):

при $2{,}5\, p_{р.в} - p_{с.м} = 2{,}5 \cdot 0{,}583 - 0{,}7 = 0{,}76$ кПа > 0;

$p_{д.н} \geq 0{,}76$ кПа.

По формуле (34) можно получить:

$P_{д.н} \geq 0{,}5 \cdot (0{,}7 + 1{,}4) = 1{,}05$ кПа, что больше $p_{д.н}$, определенной по формуле (32), следовательно, надо принимать $p_{д.н} = 1{,}05$ кПа.

Для смещаемых ЛСК, устраиваемых в покрытии помещения, по второй формуле (31) можно найти

$$\Delta p_{вскр} = 0{,}7 + 1{,}05 + 1{,}4 = 3{,}15 \text{ кПа},$$

что больше $\Delta p_{вскр}$, определяемого по первой из формул (31), следовательно, принимаем $\Delta p_{вскр} = 3{,}15$ кПа.

Для определения коэффициента $K_{п.в}$ вычислим по формуле (35) коэффициент $K_Δ$:

$$K_Δ = \frac{5}{3{,}15} = 1{,}59.$$

Значение коэффициента формирования взрывной нагрузки на конструкции $K_{п.в}$ определяется методом линейной интерполяции по табл. 6:

- для $K_Δ = 1{,}5$, $\varepsilon_c = 7{,}55$:

$$K_{п.в} = 1{,}730 + \frac{(2{,}180 - 1{,}730)(7{,}55 - 7{,}0)}{(8 - 7)} = 1{,}978;$$

- для $K_{\Delta} = 1{,}75$, $\varepsilon_c = 7{,}55$:

$$K_{\text{п.в}} = 0{,}804 + \frac{(1{,}020 - 0{,}804)(7{,}55 - 7{,}0)}{(8 - 7)} = 0{,}923;$$

- для $K_{\Delta} = 1{,}59$, $\varepsilon_c = 7{,}55$:

$$K_{\text{п.в}} = 1{,}978 - \frac{(1{,}978 - 0{,}923)(1{,}59 - 1{,}5)}{(175 - 1{,}5)} = 1{,}598.$$

Масса ЛСК с учетом снеговой нагрузки определяется по формуле

$$M_{\text{ЛСК}} = \frac{(p_{\text{с.м}} + p_{\text{р.сн}})\, a_{\text{пр}}\, b_{\text{пр}}}{g};$$

$$M_{\text{ЛСК}} = \frac{(700 + 1400) \cdot 6 \cdot 6}{9{,}81} = 7706 \text{ кг}.$$

По формуле (36) проверяем выполнение условия для формулы (37):

$$Y = \frac{3{,}15 \cdot 1000 \cdot 6 \cdot 6}{7706 \cdot 9{,}81} = 1{,}5.$$

Поскольку условие ($Y \geq 1{,}5$) выполняется, то по формуле (37) вычисляем коэффициент $K_{\text{с.м}}$:

$$K_{\text{с.м}} = 1 - \frac{7706 \cdot 9{,}81}{3{,}15 \cdot 1000 \cdot 6 \cdot 6} = 0{,}333.$$

Учитывая, что для смещаемых ЛСК коэффициент $K_{\text{з.п}} = 1$, по формуле (28) определяем коэффициент вскрытия:

$$K_{\text{вскр}}^{\text{ЛСК}} = \frac{130{,}72 \cdot (6 + 6) \cdot 3{,}15 \cdot 0{,}333 \cdot 1}{0{,}598 \cdot 12{,}77^3 \cdot 0{,}154^3 \cdot \sqrt{1{,}14} \cdot 7706} = 0{,}044.$$

Полученные результаты свидетельствуют об очень низкой эффективности вскрытия ЛСК в том случае, если очистка покрытия взрывоопасного помещения от снега

не производится. Требуемая площадь ЛСК в данном случае должна составить $S_{ЛСК} \geq \frac{130,72}{0,044} \geq 2971$ м^2, а это требование невозможно выполнить, поскольку площадь всей крыши рассмотренного взрывоопасного помещения составляет примерно 780 м^2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Показатели пожаровзрывоопасности некоторых веществ и материалов[1]

Наименование горючего вещества	Смеси с концентрацией горючего, соответствующей $U_{нmax}$					Смеси с концентрацией, равной нижнему концентрационному пределу распространения пламени			
	C_{max}, г/м^3	ρ_{max}, кг/м^3	ε_{pmax}	ε_{cmax}	$U_{нmax}$, м/с	$C_{НКПР}$, г/м^3	$\rho_{НКПР}$, кг/м^3	$\varepsilon_{pНКПР}$	$\varepsilon_{cНКПР}$
Акрилонитрил	117,3	1,26	8,1	9,7	0,50	58,6	1,23	5,3	6,4
Аллиловый спирт	120,8	1,24	8,1	9,7	0,41	60,4	1,23	5,2	6,3
Амилен	79,5	1,25	8,1	9,7	0,43	40,0	1,22	5,2	6,3
Аммиак	163,4	1,09	7,2	8,7	0,10	102,5	1,23	4,8	5,8
Ацетальдегид	141,2	1,25	8,1	9,7	0,42	70,6	1,23	5,2	6,3
Ацетилен	90,1	1,19	8,6	10,4	1,61	26,7	1,20	3,3	4,0
Ацетон	121,0	1,24	8,1	9,7	0,44	59,0	1,22	5,3	6,4
Бензол	104,6	1,27	7,8	9,3	0,47	62,3	1,23	5,1	6,1
Бутан	75,8	1,24	8,0	9,6	0,43	38,0	1,22	5,2	6,3
Бутилацетат	123,9	1,23	8,2	9,9	0,38	62,9	1,22	5,2	6,3
Бутилен	79,0	1,25	8,2	9,8	0,44	38,0	1,23	5,1	6,1
Бутиловый спирт	92,7	1,26	8,2	9,8	0,39	46,3	1,23	5,2	6,2
Винилацетат	160	1,29	8,3	10,0	0,42	80	1,24	5,1	6,1
Винилацетилен	87,4	1,24	8,3	9,9	0,61	43,7	1,22	5,1	6,2
Водород	24,7	0,85	6,9	8,3	2,67	3,5	1,14	2,1	2,8
Гексан	82,0	1,29	7,9	9,3	0,39	41,0	1,24	5,1	6,1
Гексин	83,7	1,25	8,2	9,9	0,53	41,8	1,23	5,0	5,9
Гептан	93,5	1,26	8,1	9,7	0,41	46,8	1,23	5,1	6,1
Гептин	82,4	1,25	8,2	9,8	0,52	41,2	1,23	5,1	6,1
Декан	79,3	1,25	8,1	9,8	0,39	39,6	1,23	5,1	6,1
Дивинил (бутадиен)	82,9	1,23	8,2	9,9	0,55	41,5	1,22	5,1	6,1

[1]Данные о пожаровзрывоопасности веществ и материалов приведены согласно работе [9].

Продолжение таблицы

Наименование горючего вещества	Смеси с концентрацией горючего, соответствующей $U_{нmax}$					Смеси с концентрацией, равной нижнему концентрационному пределу распространения пламени			
	C_{max}, г/м^3	ρ_{max}, кг/м^3	ε_{pmax}	ε_{cmax}	$U_{нmax}$, м/с	$C_{НКПР}$, г/м^3	$\rho_{НКПР}$, кг/м^3	$\varepsilon_{pНКПР}$	$\varepsilon_{cНКПР}$
Диметиловый эфир	125,5	1,24	8,3	9,9	0,49	62,8	1,22	5,1	6,2
1,4-Диоксан	147,9	1,28	8,1	9,7	0,40	80,0	1,23	5,0	6,0
Дихлорметан	509,3	1,56	7,5	9,0	0,25	425,0	1,47	5,7	6,8
Дихлорэтан	312,2	1,41	7,8	9,4	0,28	173,3	1,32	5,6	6,7
Диэтиламин	90,6	1,24	8,1	9,7	0,37	45,3	1,21	5,3	6,3
Диэтиловый эфир	79,1	1,23	7,7	9,2	0,50	40,0	1,22	5,1	6,1
Изопентан (2-Метилбутадиен)	77,1	1,23	8,1	9,7	0,39	38,5	1,20	5,1	6,1
Изопропиламин	94,8	1,23	8,2	9,9	0,32	47,4	1,22	5,1	6,1
Изопропилбензол	84,1	1,24	8,3	10,0	0,38	43,1	1,21	5,1	6,1
Изопропиловый спирт	111,7	1,24	8,1	9,8	0,42	55,8	1,21	5,1	6,1
Крахмал	160,0	1,37	6,4	7,7	0,30	40,0	1,25	2,5	3,2
Ксилол	87,0	1,47	8,1	9,7	0,34	43,5	1,21	5,1	6,1
Метан	63,5	1,13	7,6	9,1	0,28	31,7	1,15	5,0	6,0
Метиловый спирт	163,7	1,23	8,1	9,7	0,54	81,8	1,19	5,2	6,2
Метилэтилкетон	110,6	1,28	8,2	9,8	0,43	55,3	1,24	5,2	6,2
Мука (1 сорт)	209,1	1,38	9,5	11,1	0,30	42,6	1,22	3,3	4,3
Неогексан	77,7	1,23	8,2	9,8	0,40	38,8	1,21	5,1	6,1
Неопентан	77,0	1,23	8,1	9,7	0,35	38,5	1,21	5,1	6,1
Нитрометан	477,8	1,46	8,6	10,3	0,45	239	1,34	5,5	6,6
Нитропропан	196,7	1,34	9,4	11,3	0,48	98,4	1,24	5,2	6,2
Нонан	79,2	1,24	8,2	9,8	0,43	39,6	1,21	5,1	6,1
Нонен	80,5	1,24	8,3	10,0	0,43	40,3	1,21	5,1	6,1
Октан	78,1	1,24	8,3	10,0	0,45	39,2	1,21	5,1	6,1
Октен	80,4	1,24	8,4	10,1	0,45	40,2	1,21	5,1	6,1
Оксид углерода	345,3	1,15	7,3	8,8	0,85	172,7	1,18	4,6	5,5
Пентан	76,8	1,23	8,2	9,8	0,42	38,4	1,20	5,1	6,1
Пропадиен	87,8	1,21	8,6	10,3	0,38	43,9	1,17	5,1	6,1
Пропан	74,1	1,21	8,1	9,7	0,45	37,1	1,20	5,1	6,1

Окончание таблицы

Наименование горючего вещества	Смеси с концентрацией горючего, соответствующей $U_{нmax}$					Смеси с концентрацией, равной нижнему концентрационному пределу распространения пламени			
	$C_{гmax}$, г/м^3	$\rho_{гmax}$, кг/м^3	$\varepsilon_{рmax}$	ε_{cmax}	$U_{нmax}$, м/с	$C_{НКПР}$, г/м^3	$\rho_{НКПР}$, кг/м^3	$\varepsilon_{рНКПР}$	$\varepsilon_{сНКПР}$
Пропилен	78,2	1,24	8,2	9,7	0,58	39,1	1,22	5Ю0	6,0
Пропиловый спирт	111,7	1,24	8,1	9,7	0,49	55,8	1,21	5,0	6,0
Пропионовый альдегид	127,3	1,24	8,2	9,8	0,50	63,6	1,21	5,2	6,2
Сероуглерод	302,0	1,40	7,2	8,6	0,59	31,7	1,20	2,2	2,7
Стирол	89,3	1,24	8,4	10,2	0,57	31,7	1,20	2,2	2,7
Толуол	87,6	1,24	8,3	10,0	0,39	43,8	1,21	5,1	6,1
Фуран	126,5	1,26	8,5	10,2	0,63	63,3	1,22	5,2	6,2
Фурфурол	161,4	1,29	8,6	10,3	0,27	80,7	1,25	5,2	6,2
Хлористый метил	258,5	1,29	7,9	9,5	0,29	130,0	1,24	5,4	6,5
Хлористый этил	175,9	1,28	8,1	9,7	0,25	88,0	1,23	5,3	6,3
Хлорпропан	146,0	1,27	8,2	9,8	0,28	73,8	1,23	5,3	6,3
Циклогексан	80,0	1,23	8,1	9,7	0,43	40,0	1,22	5,1	6,1
Циклогексанон	104,2	1,26	8,2	9,8	0,70	52,1	1,22	5,2	6,2
Циклопентан	79,6	1,23	8,1	9,7	0,38	39,8	1,21	5,1	6,1
Циклопропан	83,9	1,22	8,3	10,0	0,50	42,0	1,19	5,2	6,2
1,2-Эпоксиэтан	142,0	1,28	8,3	10,0	0,90	71,0	1,24	5,1	6,1
Этан	72,6	1,19	7,9	9,5	0,45	36,3	1,20	5,1	6,1
Этиламин	81,0	1,24	8,1	9,7	0,32	42,0	1,21	5,2	6,2
Этилацетат	147,6	1,28	8,2	9,8	0,37	73,8	1,24	5,2	6,2
Этилен	73,8	1,18	8,3	10,0	0,74	36,9	1,18	5,1	6,1
Этиленамин	92,6	1,24	8,1	9,7	0,46	46,8	1,21	5,2	6,2
Этиловый спирт	125,5	1,27	8,1	9,7	0,56	62,7	1,21	5,2	6,2
Этилформиат	174,5	1,28	8,1	9,7	0,40	87,3	1,24	5,3	6,3

Примечание. Приведенные характеристики для пылевоздушных смесей при наличии соответствующих данных (о крупности частиц, влажности и т. п.) следует уточнять применительно к конкретным условиям горения ГС.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Расчет массовой концентрации горючего в горючей среде

Значения $C_{\text{НКПР}}$, г/м^3, и C_{max}, г/м^3, для ГГ и паров легковоспламеняющейся и горючей жидкости могут быть определены по следующим формулам:

1) если известно значение НКПР, % (об.):

$$C_{\text{НКПР}} = \frac{10MC_{\text{н}}}{22{,}413\cdot(1+0{,}00367\,t_0)}, \qquad \text{(П3.1)}$$

где M – молярная масса вещества, кг/кмоль, определяется по справочным данным; $C_{\text{н}}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени, % (об.), определяется по справочным данным;

2) если неизвестно значение НКПР, % (об.), то согласно [24]

$$C_{\text{НКПР}} = \frac{44{,}62M}{(1+0{,}00367\,t_0)\,(8{,}684\beta+4{,}679)}, \qquad \text{(П3.2)}$$

где β – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения, определяется по [22];

3) если известна стехиометрическая концентрация, % (об.), тогда

$$C_{\text{max}} = \frac{10M\,C_{\text{ст}}}{22{,}413\cdot(1+0{,}00367t_0)}, \qquad \text{(П3.3)}$$

где $C_{\text{ст}}$ – стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, % (об.), определяется по [22].

4) Если неизвестна стехиометрическая концентрация, % (об.), тогда

$$C_{\text{max}} = \frac{44{,}62M}{(1+0{,}00367\,t_0)\,(1+4{,}484\beta)}. \qquad \text{(П3.4)}$$

Значение C_{max} для горючих пылей, согласно [25], определяется по формуле

$$C_{max} = 3C_{НКПР}. \quad (П3.5)$$

При участии во взрыве гибридных или многокомпонентных смесей определен следующий порядок действий:

- для каждого из веществ рассчитываются параметры, необходимые для определения расчетной видимой скорости распространения пламени $U_р$;

- выбирается максимальное из рассчитанных значение $U_р$.

Дальнейший расчет проводится по веществу, для которого значение $U_р$ является максимальным. Масса вещества в данном случае принимается равной суммарной массе веществ, участвующих во взрыве.

Список литературы

1. СП 4. 13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.

2. ГОСТ Р 12.3.047–2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

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

4. ТКП 45-2.02-38-2006 (02250). Конструкции легкосбрасываемые. Правила расчета. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. 27 с.

5. NFPA 68. Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting. 2013Edition.

6. BS EN 14491:2012. Dust Explosion Venting Protective Systems.

7. *Пилюгин Л.П.* Конструкции сооружений взрывоопасных производств. М.: Стройиздат, 1988. 315 с.

8. *Орлов Г.Г.* Легкосбрасываемые конструкции для взрывозащиты промышленных зданий. М.: Стройиздат, 1987. 198 с.

9. *Пилюгин Л.П.* Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций. М.: Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2000. 224 с.

10. *Пилюгин Л.П.* Прогнозирование последствий внутренних аварийных взрывов. М.: Пожнаука, 2010. 380 с.

11. *Казеннов В.В.* Динамические процессы дефлаграционного горения во взрывоопасных зданиях и сооружениях: дис. … д-ра техн. наук. М.: МГСУ, 1997. 426 с.

12. *Комаров А.А.* Прогнозирование нагрузок от аварийных дефлаграционных взрывов и оценка последствий их воздействия на здания и сооружения: дис. … д-ра техн. наук. М.: МГСУ, 2001. 476 с.

13. *Мольков В.В.* Вентилирование газовой дефлаграции: дис. … д-ра техн. наук. М.: ВНИИПО, 1996. 686 с.

14. *Мольков В.В.* Теоретическое обобщение международных экспериментов по динамике вентилируемых взрывов // Пожаровзрывоопасность веществ и взрывозащита объектов: тезисы докл. первого международ. семинара. М.: ВНИИПО МВД России, 1995. С. 31–33.

15. *Шлег А.М.* Определение параметров легкосбрасываемых конструкций, обеспечивающих допустимые взрывные давления во взрывоопасных помещениях: дис. … канд. техн. наук. М.: МГСУ, 2002. 187 с.

16. *Громов Н.В.* Совершенствование технической системы обеспечения взрывоустойчивости зданий при взрывах газопаровоздушных смесей: дис. … канд. техн. наук. М.: МГСУ, 2007.158 с.

17. *Годжелло М.Г.* Расчет площади легкосбрасываемых конструкций для зданий и сооружений взрывоопасных производств. М.: Стройиздат, 1981. 49 с.

18. О техническом регулировании [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 27 дек. 2002 г. № 184-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 15 дек. 2002 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 18 дек. 2002 г. (в ред. Федер. закона от 23.06.2014 № 160-ФЗ). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

19. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 4 июля 2008 г.: одобр. Сове-

том Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 11 июля 2008 г. (в ред. Федер. законов от 10.07.2012 № 117-ФЗ, от 02.07.2013 № 185-ФЗ и от 23.06.2014 № 160-ФЗ). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

20. ГОСТ 12.1.041–83*. ССБТ. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования.

21. ГОСТ 12.1.044–89* (ИСО 4589-84). ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

22. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс]: утв. приказом МЧС России от 25 марта 2009 г. № 182 (в ред. приказа МЧС России от 09.12.2010 № 643). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

23. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.

24. Процессы горения: сб. тр. / под ред. И.М. Абдурагимова. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1984. 269 с.

25. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. Калуга, ГУП Облиздат. 2001.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

1. Общие положения..... 4

2. Методика расчета параметров легкосбрасываемых конструкций..... 8

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Пример расчета параметров легкосбрасываемых конструкций 25

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Показатели пожаровзрывоопасности некоторых веществ и материалов 39

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Расчет массовой концентрации горючего в горючей среде..... 42

Список литературы 44

Производственно-практическое издание

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Рекомендации

Редактор ***Н.В. Бородина***
Технический редактор ***М.Г. Завидская***
Ответственный за выпуск ***В.П. Некрасов***

Подписано в печать 21.04.2015 г. Формат 60×84/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 2,79. Т. – 80 экз. Заказ № 21.

Типография ФГБУ ВНИИПО МЧС России
мкр. ВНИИПО, д. 12, г. Балашиха,
Московская обл., 143903

gost.e-ecolog.ru