

**КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗДАНИЙ
ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ**

*Методические указания к изучению курса
«Безопасность жизнедеятельности»
для студентов всех направлений подготовки*

Иваново 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ивановский государственный политехнический университет»

Кафедра техносферной безопасности

КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗДАНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

*Методические указания к изучению курса
«Безопасность жизнедеятельности»
для студентов всех направлений подготовки*

Иваново 2016

Методические указания содержат методику определения критериев взрывопожарной опасности помещений и зданий производственного и складского назначения, предназначены для студентов, изучающих курс «Безопасность жизнедеятельности», и могут быть использованы обучающимися для категорирования помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности при выполнении дипломных проектов.

| | |
|--------------|---|
| Составители: | канд. техн. наук, доц. В.А. Хрунов канд. техн. наук, доц. В.И. Касаткина |
| Рецензент | канд. техн. наук, доц. М.В. Торопова |
| Редактор | Н.Е. Бочкарева |

Подписано в печать 14.01.2016.
Формат 1/16 60x84. Плоская печать.
Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 2,0. Тираж 25 экз. Заказ № 3563

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»
Издательский центр ДИВТ
153000, г. Иваново, Шереметевский пр-т, 21

Введение

Рассмотрение причин аварий технологического оборудования, анализ причинно-следственной связи аварий, приводящих к пожару, позволяет принимать определенные меры пожарной профилактики. Однако для целесообразности принимаемых решений по противопожарной защите необходимо классифицировать производственные помещения и здания по взрывопожарной и пожарной опасности.

Классификация производственных помещений и зданий позволяет объективно установить условный уровень взрывопожароопасности производственного объекта и обоснованно определить конкретные технические и организационные решения, позволяющие эксплуатировать объект в области допустимого риска от пожара.

В нашей стране применяется принцип классификации, основанный на **категорировании** производственных помещений и зданий. Необходимо иметь в виду, что категория условно и односторонне характеризует опасность возникновения пожара (взрыва), так как не учитывает возможность появления источника зажигания и его параметры, а также размеры последствий пожара.

Установление той или иной категории формирует противопожарные требования к планировке и застройке промышленных предприятий, этажности зданий, огнестойкости применяемых строительных конструкций, размерам площадей пожарных отсеков, расположению и протяженности путей эвакуации, применению легкобросываемых противовзрывных конструкций, использованию электрооборудования с соответствующей взрыво- и пожарозащитой, ограничению источников зажигания и др.

Необходимость категорирования помещений и зданий возникает на различных этапах производственной деятельности: при проектировании, реконструкции, эксплуатации; при изменении технологий, замене оборудования, замещении объема производства и т.д.

Практика показывает, что правильное определение категорий помещений и зданий вызывает определенные трудности у специалистов и исполнителей различного ранга. Целью настоящих методических указаний является изложение принципов категорирования и их применения при проектировании помещений и зданий производственного и складского назначения на примере практических задач.

Общие положения

В целях защиты жизни, здоровья, имущества граждан и юридических лиц, государственного и муниципального имущества от пожаров принят Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Он определяет основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности и устанавливает общие требования пожарной безопасности к объектам защиты (продукции), в том числе к зданиям, сооружениям и строениям, промышленным объектам, пожарно-технической продукции и продукции общего назначения.

В развитие этого Федерального закона разработан свод правил СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». Этот документ устанавливает методику определения категорий помещений и зданий производственного и складского назначения по взрывопожарной и пожарной опасности в зависимости от количества и пожаровзрывоопасных свойств находящихся (обращающихся) в них веществ и материалов с учетом особенностей технологических процессов размещенных в них производств.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории:

- повышенная взрывопожароопасность (А);
- взрывопожароопасность (Б);
- пожароопасность (В1-В4);
- умеренная пожароопасность (Г);
- пониженная пожароопасность (Д).

Здания, сооружения, строения и помещения иного назначения разделению на категории не подлежат.

Категории помещений определяются исходя из вида находящихся в них горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов.

Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности определяются исходя из доли и суммированной площади помещений той или иной категории опасности в этом здании.

1. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с табл. 1 СП 12.13130.2009.

Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в табл. 1, от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д).

Взрывопожароопасность помещений категорий А и Б обусловлена возможностью образования в них при аварийных ситуациях взрывоопасных газо-, паро- или пылевоздушных смесей, взрыв которых может привести к разрушению здания. Поэтому безопасность таких помещений обеспечивается в первую очередь исключением любых источников зажигания и реализацией мероприятий, ослабляющих действие взрыва на несущие конструкции здания (например, устройство легкобрасываемых конструкций).

В помещениях категорий В и Д взрывы невозможны, но присутствие горючих материалов (в помещениях категории Д горючие материалы могут быть в составе конструкций здания) делает такие помещения потенциально пожароопасными. Мероприятия по обеспечению безопасности базируются, в основном, на обнаружении пожара, ликвидации его на начальной стадии и ограничении распространения.

К категории Г относятся разнородные по уровню опасности помещения, например цеха металлургических предприятий и котельные, в которых сжигается твердое, жидкое или газообразное топливо. В этих помещениях возможно одновременное присутствие горючих смесей и источников зажигания, поэтому мероприятия по пожарной безопасности для помещений категории Г разрабатываются с учетом указанных обстоятельств.

Определение пожароопасных свойств веществ и материалов производится на основании результатов испытаний или расчетов по стандартным методикам с учетом параметров состояния (давления, температуры и т.п.). Допускается использование официально опубликованных справочных данных по пожароопасным свойствам веществ и материалов. Возможно применение показателей пожарной опасности для смесей веществ и материалов по наиболее опасному компоненту.

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

| Категория помещения | Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении |
|--------------------------------------|---|
| А – повышенная взрывопожароопасность | Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа |
| Б – взрывопожароопасность | Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа |
| В1-В4 – пожароопасность | Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б |
| Г – умеренная пожароопасность | Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива |
| Д – пониженная пожароопасность | Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии |

Примечания:

1. Методы определения категорий помещений А и Б устанавливаются в соответствии с прил. А СП 12.13130.2009.
2. Отнесение помещения к категории В1, В2, В3 или В4 осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указанном помещении и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку. Разделение помещений на категории В1-В4 регламентируется положениями в соответствии с прил. Б СП 12.13130.2009.

2. Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

Здание относится к категории А, если в нем суммированная площадь помещений категории А превышает 5% площади всех помещений или 200 м². Здание не относится к категории А, если суммированная площадь помещений категории А в здании не превышает 25% суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Б, если одновременно выполнены следующие условия: здание не относится к категории А и суммированная площадь помещений категорий А и Б превышает 5% суммированной площади всех помещений или 200 м². Здание не относится к категории Б, если суммированная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25% суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории В, если одновременно выполнены следующие условия: здание не относится к категории А или Б и суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1÷В3 превышает 5% (10%, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммированной площади всех помещений. Здание не относится к категории В, если суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1÷В3 в здании не превышает 25% суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3500 м²) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Г, если одновременно выполнены следующие условия: здание не относится к категории А, Б или В и суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1÷В3 и Г превышает 5% суммированной площади всех помещений. Здание не относится к категории Г, если суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1÷В3 и Г в здании не превышает 25% суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 м²) и помещения категорий А, Б, В1÷В3 оснащаются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Д, если оно не относится к категории А, Б, В или Г.

3. Требования пожарной безопасности, устанавливаемые в зависимости от категории помещений и зданий

Классификация зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности применяется для установления требований пожарной безопасности, направленных на предотвращение возможности возникновения пожара и обеспечение противопожарной защиты людей и имущества в случае возникновения пожара.

В зданиях помещения категорий А и Б по взрывопожарной и пожарной опасности должны размещаться у наружных стен, а в многоэтажных зданиях - на верхних этажах, за исключением случаев, указанных в технических регламентах для данных объектов. Размещение помещений категорий А и Б в подвальных и цокольных этажах не допускается.

В противопожарных преградах, отделяющих помещения категорий А и Б от помещений других категорий, коридоров, лестничных клеток и лифтовых холлов, должны быть предусмотрены тамбур-шлюзы с постоянным подпором воздуха. Устройство общих тамбур-шлюзов для двух и более смежных помещений категорий А и Б не допускается. При невозможности устройства тамбур-шлюзов в противопожарных преградах, отделяющих помещения категорий А и Б от других помещений, или противопожарных дверей, ворот, штор, люков и клапанов в противопожарных преградах, отделяющих помещения категории В от других помещений, следует предусматривать комплекс мероприятий по предотвращению распространения пожара на смежные этажи и в смежные помещения.

В проемах противопожарных преград, которые не могут закрываться противопожарными дверями или воротами, для сообщения между смежными помещениями категории В или Г и помещениями категории Д должно быть предусмотрено устройство открытых тамбуров, оборудованных установками автоматического пожаротушения, или должны быть установлены вместо дверей и ворот противопожарные шторы, экраны. Ограждающие конструкции этих тамбуров должны быть противопожарными.

В зависимости от категории помещений по пожарной и взрывопожарной опасности рассчитываются расход воды на наружное пожаротушение производственных объектов и складских зданий, а также продолжительность работы установок автоматического пожаротушения.

4. Расчет критериев взрывопожарной опасности помещений

4.1. Выбор и обоснование расчетного варианта

Отнесение помещения к категории А или Б основывается на расчете избыточного давления взрыва ΔP , развивающегося при воспламенении находящихся (обращающихся) в помещении веществ и материалов: помещение относится к более опасной категории при $\Delta P > 5$ кПа и менее опасной при $\Delta P \leq 5$ кПа.

Избыточное давление взрыва в замкнутом помещении - это разность между максимально возможным и начальным давлением, при котором он происходит.

Максимальное давление достигается, если:

- вся масса горючего, поступившего в помещение, примет участие в образовании горючей среды и полностью взорвется;
- помещение полностью герметично и в нем отсутствует теплоотвод через ограничивающие поверхности;
- горючее и окислитель в горючей среде находятся в стехиометрическом соотношении.

В реальных условиях максимальное давление взрыва не достигается, т.к. имеются существенные отклонения. При расчете это необходимо учитывать.

Для помещений с горючими газами (ГГ), горючими (ГЖ) и легковоспламеняющимися (ЛВЖ) жидкостями, горючими пылями и волокнами избыточное давление взрыва рассчитывается по формулам прил. А СП 12.13130.2009.

При расчете критериев взрывопожарной опасности в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором в образовании горючих газо-, паро-, пылевоздушных смесей участвует наибольшее количество газов, паров, пылей, наиболее опасных в отношении последствий сгорания этих смесей.

Количество поступивших в помещение веществ, которые могут образовать горючие газо-, паро-, пылевоздушные смеси, определяется исходя из следующих предпосылок:

- а) происходит расчетная авария наиболее крупной единицы технологического оборудования с наиболее пожароопасным веществом;
- б) все содержимое аппарата поступает в помещение;

в) происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат, по прямому и обратному потокам в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов.

Расчетное время отключения трубопроводов определяется в каждом конкретном случае, исходя из реальной обстановки, и должно быть минимальным с учетом паспортных данных на запорные устройства, характера технологического процесса и вида расчетной аварии.

Расчетное время отключения трубопроводов следует принимать равным:

- времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если вероятность отказа системы автоматики не превышает 10^{-6} в год или обеспечено резервирование ее элементов;

- 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 10^{-6} в год и не обеспечено резервирование ее элементов;

- 300 с при ручном отключении;

г) происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости. При отсутствии справочных данных площадь испарения при разливе на пол определяется исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70% и менее (по массе) растворителей, разливается на площади $0,5 \text{ м}^2$, а остальных жидкостей – на 1 м^2 пола помещения;

д) происходит также испарение жидкости из емкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом жидкости, и со свежеекрашенных поверхностей;

е) длительность испарения жидкости принимается равной времени ее полного испарения, но не более 3600 с.

Количество пыли, которое может образовать пылевоздушную смесь, определяется из следующих предпосылок:

а) расчетной аварии предшествовало пыленакопление в производственном помещении, происходящее в условиях нормального режима работы (например, вследствие пылевыделения из негерметичного производственного оборудования);

б) в момент расчетной аварии произошла плановая (ремонтные работы) или внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов, за которой последовал аварийный выброс в помещение всей находившейся в аппарате пыли.

4.2. Расчет избыточного давления для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

Избыточное давление взрыва для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов C, H, O, N, Cl, Br, I, F , определяется по формуле:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{св} \cdot r_{z,n}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_H}, \quad (1)$$

где P_{\max} – максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовой или паровой смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным в соответствии с требованиями СП 12.13130.2009 (при отсутствии данных допускается принимать равным 900 кПа);

P_0 – начальное давление (допускается принимать равным 101 кПа);

m – масса ГГ или паров ГЖ и ЛВЖ, вышедших в результате расчетной аварии в помещение, кг;

Z – коэффициент участия горючих газов и паров в горении, который может быть рассчитан на основе характера распределения газов и паров в объеме помещения согласно прил. Д СП 12.13130.2009; допускается принимать по табл. 2;

$V_{св}$ – свободный объем помещения, м³; определяется как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать условно равным 80% геометрического объема помещения;

$\rho_{z,n}$ – плотность газа или пара при расчетной температуре t_p , кг/м³:

$$r_{z,n} = \frac{M_{z,n}}{V_M}, \text{ кг/м}^3; \quad V_M = \frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} \cdot \frac{T_{расч}}{P_{расч}}, \text{ м}^3/\text{кмоль}.$$

Если принять, что давление в помещении равно нормальному атмосферному давлению, то плотность газа или пара можно рассчитать по формуле:

$$r_{z,n} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)}, \quad (2)$$

где M – молярная масса, кг/кмоль;

V_0 – молярный объем, при нормальных условиях¹ равный 22,413 м³/кмоль;

t_p – расчетная температура, °С. В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в аварийной ситуации. Если такого значения расчетной температуры t_p по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61 °С;

C_{cm} – стехиометрическая концентрация ГГ или паров ГЖ и ЛВЖ, % (объемных):

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot b}; \quad (3)$$

β – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания:

$$\beta = n_C + 0,25 \cdot (n_H - n_X) - 0,5 \cdot n_O; \quad (4)$$

n_C, n_H, n_X, n_O – число атомов C, H, O и галоидов в молекуле горючего; K_n – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения (допускается принимать равным 3).

Таблица 2

Значение коэффициента Z участия горючих газов и паров в горении

| Вид горючего вещества | Значение Z |
|--|--------------|
| Водород | 1,0 |
| Горючие газы (кроме водорода) | 0,5 |
| Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые до температуры вспышки и выше | 0,3 |
| Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при наличии возможности образования аэрозоля | 0,3 |
| Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при отсутствии возможности образования аэрозоля | 0 |

¹ Нормальными условиями считаются:

$t_0=0$ °С; $T_0=273$ К;

$P_0=760$ мм рт. ст. = 101,3 кПа = 0,1 Мпа = 1 атм.

Расчет ΔP для индивидуальных веществ, кроме упомянутых выше, а также для смесей может быть выполнен по формуле:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_m \cdot P_0 \cdot Z}{V_{св} \cdot \rho_v \cdot C_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (5)$$

где H_m – теплота сгорания, Дж/кг;

ρ_v – плотность воздуха (допускается принимать равной 1,2 кг/м³);

C_p – теплоемкость воздуха (допускается принимать равной 1,01 · 10⁻³ Дж/кг·К);

T_0 – начальная температура воздуха, К.

Избыточное давление взрыва, его мощность главным образом зависят от массы вещества, которое поступает в аварийное помещение, и доли ее, принимающей участие во взрыве.

Определение поступающей в помещение массы вещества является одной из предварительных задач, которую необходимо решить перед тем, как определять массу вещества, принимающего участие во взрыве. Алгоритм расчета при этом зависит от агрегатного состояния горючих веществ, их свойств и технологических параметров.

Масса поступившего в помещение при расчетной аварии газа определяется по формуле:

$$m = (V_a + V_m) \cdot \rho_g, \quad (6)$$

где V_a – объем газа, вышедшего из аппарата, м³:

$$V_a = 0,01 \cdot P_1 \cdot V; \quad (7)$$

P_1 – давление в аппарате, кПа;

V – объем аппарата, м³;

V_m – объем газа, вышедшего из трубопроводов, м³:

$$V_m = V_{1m} + V_{2m}; \quad (8)$$

V_{1m} – объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м³:

$$V_{1m} = q \cdot T; \quad (9)$$

q – расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и т.д., м³/с;

T – расчетное время отключения трубопровода, с;

V_{2m} – объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м³:

$$V_{2m}=0,01 \cdot \pi P_2 \cdot (r_1^2 L_1 + r_2^2 L_2 + \dots + r_n^2 L_n); \quad (10)$$

P_2 – максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа;

$r_{1,2,\dots,n}$ – внутренний радиус трубопроводов, м;

$L_{1,2,\dots,n}$ – длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

Масса паров жидкости, поступивших в помещение при наличии нескольких источников испарения (поверхность разлитой жидкости, поверхность со свеженанесенным составом, открытые емкости и т.п.), определяется из выражения:

$$m = m_p + m_{емк} + m_{св.окр}, \quad (11)$$

где m_p – масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг;

$m_{емк}$ – масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг;

$m_{св.окр}$ – масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

При этом каждое из слагаемых определяется по формуле:

$$m = W \cdot F_u \cdot T, \quad (12)$$

где W – интенсивность испарения, кг/м²·с;

F_u – площадь испарения, определяемая в соответствии с рекомендациями в зависимости от массы жидкости $m_{п}$, вышедшей в помещение, м².

Если аварийная ситуация связана с возможным поступлением жидкости в распыленном состоянии, то она должна быть учтена в формуле (11) введением дополнительного слагаемого, учитывающего общую массу поступившей жидкости от распыляющих устройств, исходя из продолжительности их работы.

Интенсивность испарения W определяется по справочным и экспериментальным данным. Для ненагретых выше расчетной температуры (окружающей среды) ЛВЖ при отсутствии данных допускается рассчитывать по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_n, \quad (13)$$

где η – коэффициент, принимаемый по табл. 3 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения; P_n – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости t_p , определяемое по справочным данным, кПа.

Значение коэффициента η в зависимости от скорости и температуры
воздушного потока

| Скорость воздушного потока в помещении, м/с | Значение коэффициента η при температуре t , °С, воздуха в помещении | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|
| | 10 | 15 | 20 | 30 | 35 |
| 0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 0,1 | 3,0 | 2,6 | 2,4 | 1,8 | 1,6 |
| 0,2 | 4,6 | 3,8 | 3,5 | 2,4 | 2,3 |
| 0,5 | 6,6 | 5,7 | 5,4 | 3,6 | 3,2 |
| 1,0 | 10,0 | 8,7 | 7,7 | 5,6 | 4,6 |

При определении массы вещества, поступающей в помещение, допускается учитывать работу вентиляции. При этом массу горючих газов или паров легко воспламеняющихся или горючих жидкостей, нагретых до температуры вспышки и выше, поступивших в объем помещения, следует разделить на коэффициент K , определяемый по формуле:

$$K=A \cdot T+1, \quad (14)$$

где A – кратность воздухообмена, с^{-1} ;

T – продолжительность поступления горючих газов и паров легко воспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, с.

4.3. Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей

Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей производится по формуле (5), где коэффициент Z участия взвешенной пыли в горении определяют по формуле:

$$Z=0,5 \cdot F, \quad (15)$$

где F – массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого аэрозоль становится неспособной распространять пламя (в отсутствие возможности получения сведений для оценки величины F допускается принимать ее равной 1).

Расчетная масса взвешенной в объеме помещения пыли, образовавшейся в результате аварийной ситуации, определяется по формуле:

$$m=m_{\text{вз}}+m_{\text{ав}}, \quad (16)$$

где $m_{\text{вз}}$ – расчетная масса взвихрившейся пыли, кг;

$m_{\text{ав}}$ – расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, кг.

Расчетную массу взвихрившейся пыли $m_{\text{вз}}$ определяют по формуле:

$$m_{\text{вз}} = K_{\text{вз}} \cdot m_n, \quad (17)$$

где $K_{\text{вз}}$ – доля отложившейся в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации (при отсутствии экспериментальных сведений допускается принимать $K_{\text{вз}}=0,9$);

m_n – масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг.

Расчетную массу пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, $m_{\text{ав}}$ находят по формуле:

$$m_{\text{ав}} = (m_{\text{ан}} + q \cdot T) \cdot K_n, \quad (18)$$

где $m_{\text{ан}}$ – масса горючей пыли, выбрасываемой в помещение из аппарата, кг;

K_n – коэффициент пыления, равный 0,5 при размере частиц более 350 мкм и 1,0 при размере частиц менее 350 мкм;

q – производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, кг/с;

T – время отключения, с.

Массу отложившейся в помещении пыли к моменту аварии рассчитывают по формуле:

$$m_n = \frac{K_{\Gamma}}{K_{\Upsilon}} \cdot (m_1 + m_2), \quad (19)$$

где K_{Γ} – доля горючей пыли в общей массе отложений пыли (при отсутствии данных допускается принимать равным 0,9);

K_{Υ} – коэффициент эффективности пылеуборки (принимают равным 0,6 при сухой и 0,7 – при влажной ручной пылеуборке; при механизированной вакуумной пылеуборке для ровного пола принимают равным 0,9 и 0,7 – для пола с выбоинами);

m_1 – масса пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях помещения в период между генеральными уборками, кг;

m_2 – масса пыли, оседающей на доступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между текущими уборками, кг.

Под труднодоступными для уборки площадями подразумевают такие поверхности в производственных помещениях, очистка которых осуществляется только при генеральных пылеуборках. Доступными для уборки местами являются поверхности, пыль с которых удаляется в процессе текущих пылеуборок (ежесменно, ежесуточно).

Масса пыли m_i ($i=1, 2$), оседающей на различных поверхностях в помещении за межуборочный период, определяется по формуле:

$$m_i = M_i \cdot (1 - \alpha) \cdot \beta_i, \quad (20)$$

где M_1 – масса пыли, выделяющейся в объем помещения за период времени между генеральными уборками, кг;

M_2 – масса пыли, выделяющейся в объем помещения за период времени между текущими уборками, кг;

α – доля пыли, удаляемой вентиляцией (при отсутствии экспериментальных данных полагают равной 0);

β_i – доли выделяющейся в объем помещения пыли, оседающей соответственно на труднодоступных и доступных для уборки поверхностях помещения ($\beta_1 + \beta_2 = 1$; при отсутствии сведений допускается принимать $\beta_1 = 1, \beta_2 = 0$).

Величина M_i ($i=1, 2$) может быть найдена экспериментально (или по аналогии с действующими образцами производств) в период максимальной загрузки оборудования по формуле:

$$M_i = \sum_j (G_{ij} \cdot F_{ij}) \cdot \tau_i, \quad (21)$$

где G_{1j}, G_{2j} – интенсивность пылеотложений соответственно на труднодоступных и доступных для уборки площадях, $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;

$\tau_{1,2}$ – промежуток времени соответственно между генеральными и текущими пылеуборками, с.

4.4. Определение избыточного давления взрыва для смесей, содержащих горючие газы (пары) и пыли

Расчетное избыточное давление взрыва для гибридных смесей, содержащих горючие газы (пары) и пыли, определяется по формуле:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2, \quad (22)$$

где ΔP_1 – избыточное давление, вычисленное для горючего газа (пара) в соответствии с формулами (1) и (5);

ΔP_2 – избыточное давление, вычисленное для горючей пыли в соответствии с формулой (15).

4.5. Определение избыточного давления взрыва для веществ и материалов, способных сгорать при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом

Расчетное избыточное давление взрыва для веществ и материалов, способных сгорать при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, расчетное избыточное давление определяют по формуле (5), полагая $Z=1$ и принимая в качестве H_m энергию, выделяющуюся при взаимодействии (с учетом сгорания продуктов взаимодействия до конечных соединений), или экспериментально в натуральных испытаниях. В случаях, когда определить величину ΔP не представляется возможным, следует принимать ее превышающей 5 кПа.

5. Определение категорий помещений В1-В4

Определение категорий помещений В1-В4 осуществляют путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки (далее – пожарная нагрузка) на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в табл. 4.

Таблица 4

Удельная пожарная нагрузка и способы размещения для категорий В1-В4

| Категория помещения | Удельная пожарная нагрузка g на участке, МДж/м ² | Способ размещения |
|---------------------|---|--|
| В1 | Более 2200 | Не нормируется |
| В2 | 1401÷2200 | В соответствии с (24) |
| В3 | 181÷1400 | В соответствии с (24) |
| В4 | 1÷180 | На любом участке пола помещения площадь каждого из участков пожарной нагрузки не более 10 м ² . Способ размещения участков пожарной нагрузки определяется согласно (24) |

Для различных сочетаний (смесей) легковоспламеняющихся, горючих, трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудногорючих веществ и материалов в пределах пожароопасного участка пожарная нагрузка Q , МДж, определяется по формуле:

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q_{Hi}^p, \quad (23)$$

где G_i – количество i -го материала, кг;

Q_{Hi}^p – низшая теплота сгорания i -го материала пожарной нагрузки, МДж/кг.

Значения Q_H^p для некоторых материалов приведены в табл. П.1.

Удельная пожарная нагрузка g , МДж/м², определяется из соотношения:

$$g = Q/S, \quad (24)$$

где S – площадь размещения пожарной нагрузки, м² (но не менее 10 м²).

В помещениях категорий В1-В4 допускается наличие нескольких участков с пожарной нагрузкой, не превышающей значений, приведенных в табл. 4. В помещениях категории В4 расстояния между этими участками должны быть более предельных. В табл. 5 приведены рекомендуемые значения предельных расстояний l_{np} в зависимости от величины критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$, кВт/м², для пожарной нагрузки, состоящей из твердых горючих и трудногорючих материалов. Значения l_{np} , приведенные в табл. 5, рекомендуются при условии, если $H > 11$ м; если $H < 11$ м, то предельное расстояние определяется как $l = l_{np} + (11 - H)$, где l_{np} – берется из табл. 5; H – минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм перекрытия (покрытия), м.

Таблица 5

Значения предельных расстояний l_{np} в зависимости от критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| $q_{кр}$, кВт/м ² | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
| l_{np} , м | 12 | 8 | 6 | 5 | 4 | 3,8 | 3,2 | 2,8 |

Примечание. Промежуточные значения предельных расстояний l_{np} определяются линейной интерполяцией.

Значения $q_{кр}$ для некоторых материалов пожарной нагрузки приведены в табл. П.2.

Если пожарная нагрузка состоит из различных материалов, то $q_{кр}$ определяется по материалу с минимальным значением $q_{кр}$.

Для материалов пожарной нагрузки с неизвестными значениями $q_{кр}$ предельные расстояния принимаются $l_{np} \leq 12$ м.

Для пожарной нагрузки, состоящей из ЛВЖ или ГЖ, расстояние l_{np} между соседними участками размещения (разлива) пожарной нагрузки допускается рассчитывать по неравенствам:

$$l_{np} \geq 15 \text{ м при } H \geq 11 \text{ м,} \quad (25)$$

$$l_{np} \geq 26 - H \text{ при } H < 11 \text{ м.} \quad (26)$$

Если при определении категорий В2 или В3 количество пожарной нагрузки отвечает неравенству

$$Q \geq 0,64 \cdot g_T \cdot H^2, \quad (27)$$

то помещение будет относиться к категориям В1 или В2 соответственно.

Здесь $g_T = 2200 \text{ МДж/м}^2$ при $1401 \text{ МДж/м}^2 \leq g \leq 2200 \text{ МДж/м}^2$;

$g_T = 1400 \text{ МДж/м}^2$ при $181 \text{ МДж/м}^2 \leq g \leq 1400 \text{ МДж/м}^2$;

$g_T = 180 \text{ МДж/м}^2$ при $0 < g \leq 180 \text{ МДж/м}^2$.

Примеры решения задач

Задача №1. Определить массу газа пропилена, которая будет аккумулирована в объеме помещения в результате разгерметизации технологического блока.

Исходные данные:

- температура воздуха в помещении 20°C ;
- кратность воздухообмена аварийной вентиляции $A=4 \text{ ч}^{-1}$;
- объем аппарата $V_{an}=10 \text{ м}^3$;
- избыточное давление в аппарате $P_{изб}=3 \text{ атм}$;
- рабочая температура в аппарате $t_p=150^{\circ}\text{C}$;
- производительность компрессора $q=5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$;
- подводящий трубопровод длиной 0,5 м диаметром 90 мм;
- отводящий трубопровод длиной 4,5 м диаметром 90 мм;
- продолжительность ручного отключения задвижек $T=300 \text{ с}$.

Решение

1. Определяем плотность газа пропилена в аппарате:

$$r_z = \frac{M_z}{V_m} = \frac{42}{8,7} = 4,8 \text{ кг/м}^3,$$

где $M_z (\text{C}_3\text{H}_6)=42 \text{ кг/кмоль}$;

$$V_m = \frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} \cdot \frac{T_{расч}}{P_{расч}} = \frac{1 \cdot 22,413}{273} \cdot \frac{273+150}{1+3} = 8,7 \text{ м}^3/\text{кмоль}.$$

2. Рассчитываем массу газа, содержащуюся в аппарате и трубопроводах:

$$m_1 = r_z \cdot \left(V_{an} + l_{подв} \cdot \frac{p \cdot d_{подв}^2}{4} + l_{отв} \cdot \frac{p \cdot d_{отв}^2}{4} \right) =$$
$$= 4,8 \cdot \left(10 + 0,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,09^2}{4} + 4,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,09^2}{4} \right) = 48,2 \text{ кг}.$$

3. Определяем массу газа, которая может поступить в помещение за счет работы компрессора до отключения задвижек:

$$m_2 = r_{z0} \cdot q \cdot T = 1,9 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 300 = 2,85 \text{ кг},$$

где $r_{z0} = \frac{M_z}{V_0} = \frac{42}{22,413} = 1,9 \text{ кг/м}^3$ - плотность газа пропилена при нормальных условиях.

4. Находим массу газа в технологическом блоке:

$$m_{\text{бл}} = 48,2 + 2,85 = 51,05 \text{ кг.}$$

5. Определяем массу газа, которая будет аккумулирована в объеме помещения к моменту взрыва, с учетом работы аварийной вентиляции:

$$m = \frac{m_{\text{бл}}}{K} = \frac{51,05}{1,333} = 38,4 \text{ кг, где } K = A \cdot T + 1 = \frac{4 \cdot 300}{3600} + 1 = 1,333.$$

Вывод. К моменту взрыва в помещении будет находиться 38,4 кг горючего газа пропилена.

Задача №2. Определить категорию помещения в случае аварийной ситуации в технологическом процессе с использованием толуола.

Исходные данные:

- горючее вещество толуол ($C_6H_5CH_3$ - метилбензол);
- температура вспышки $t_{\text{всп}} = -5^\circ\text{C}$;
- нижний концентрационный предел распространения пламени НКПР=1,21%;
- константы уравнения Антуана: $A=6,0507$, $B=1328,17$, $C=217,713$;
- плотность $\rho_{\text{ж}}=867 \text{ кг/м}^3$;
- максимальное давление взрыва паров толуола $P_{\text{max}}=634 \text{ кПа}$;
- габариты помещения $l \times b \times h=18 \times 12 \times 6 \text{ м}$;
- температура воздуха в помещении 25°C ;
- кратность воздухообмена аварийной вентиляции $A=6 \text{ ч}^{-1}$;
- объем аппарата $V_{\text{ан}}=0,2 \text{ м}^3$;
- степень заполнения аппарата жидкостью $\varepsilon =0,85$;
- температура жидкости в аппарате $t_{\text{ж}}=40^\circ\text{C}$;
- производительность насоса $q =7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$;
- подводящий трубопровод длиной 15 м диаметром 40 мм;
- отводящий трубопровод длиной 10 м диаметром 40 мм;
- время отключения задвижек $T =120 \text{ с}$.

Решение

1. Рассчитываем массу жидкости, которая поступит из аппарата и трубопровода:

$$m_1 = r_{ж} \cdot \left(e \cdot V_{ан} + l_{подв} \cdot \frac{\rho \cdot d_{подв}^2}{4} + l_{отв} \cdot \frac{\rho \cdot d_{отв}^2}{4} \right) =$$
$$= 867 \cdot \left(0,85 \cdot 0,2 + 15 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} + 10 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} \right) = 174,6 \text{ кг.}$$

2. Определяем массу жидкости, которая дополнительно поступит в помещение за счет работы насоса до отключения задвижек:

$$m_2 = r_{ж} \cdot q \cdot T = 867 \cdot 7 \cdot 10^{-3} \cdot 120 = 728,3 \text{ кг.}$$

3. Находим общую массу жидкости, которая поступит в помещение из технологического блока:

$$m_{бл} = 174,6 + 728,3 = 902,9 \text{ кг.}$$

4. Рассчитываем площадь разлива жидкости:

$$S_{разл} = f \cdot m_{бл} / \rho_{ж} = \frac{1000 \cdot 902,9}{867} = 1041,4 \text{ м}^2,$$

где f – коэффициент растекаемости, равный $1 \text{ м}^2/\text{л}$ или $1000 \text{ м}^2/\text{м}^3$, т.к. толуол - это чистый растворитель.

5. Находим площадь испарения жидкости.

$$\text{Площадь помещения } S_{помещ} = 18 \cdot 12 = 216 \text{ м}^2.$$

$$S_{разл} > S_{помещ}, \text{ следовательно, принимаем } S_{испар} = S_{помещ} = 216 \text{ м}^2.$$

6. Определяем интенсивность испарения.

Для определения коэффициента η необходимо рассчитать скорость воздушного потока в помещении:

$$w_{возд} = \frac{A \cdot l}{3600} = \frac{6 \cdot 18}{3600} = 0,03 \text{ м/с.}$$

По табл. 3 $\eta = 2,1$ при $t = 25^\circ\text{C}$ и $w_{возд} = 0,03 \text{ м/с}$.

Давление насыщенного пара толуола рассчитываем по уравнению Антуана

$$P_H = 10 \left(A - \frac{B}{C + t_{жс}} \right) = 10 \left(6,0507 - \frac{1328,17}{217,713 + 32,5} \right) = 5,53 \text{ кПа,}$$

где в качестве температуры жидкости $t_{жс}$ принимаем среднюю температуру между температурой воздуха в помещении и температурой жидкости в аппарате: $t_{жс} = (25 + 40)/2 = 32,5^\circ\text{C}$.

Тогда интенсивность испарения будет равна:

$$W = 10^{-6} \cdot h \cdot \sqrt{M} \cdot P_H = 10^{-6} \cdot 2,1 \cdot \sqrt{92} \cdot 5,53 = 111,4 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

где $M (C_6H_5CH_3) = 92$ кг/кмоль.

7. Находим расчетное время испарения:

$$t_{испар} = \frac{m_{\text{бл}}}{S_{испар} \cdot W} = \frac{902,9}{216 \cdot 111,4 \cdot 10^{-6}} = 37523 \text{ с};$$

$t_{испар} > 3600$ с, следовательно, принимаем $t_{расч} = 3600$ с.

8. Рассчитываем массу жидкости, испарившейся с поверхности разлива:

$$m_p = W \cdot F_u \cdot T = 111,4 \cdot 10^{-6} \cdot 216 \cdot 3600 = 86,6 \text{ кг}.$$

По условию задачи отсутствуют емкости с открытой поверхностью испарения и свежеекрасненные поверхности, следовательно, $m_{емк} = 0$ и $m_{св.окр} = 0$.

9. Находим массу паров толуола, которая останется в объеме помещения с учетом работы аварийной вентиляции:

$$m = m_p / K = \frac{86,6}{1,2} = 72,2 \text{ кг}, \text{ где } K = A \cdot T + I = \frac{6 \cdot 120}{3600} + 1 = 1,2.$$

10. Избыточное давление при взрыве паров толуола определяем по формуле (1):

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{св} \cdot r_n} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_H} =$$

$$= (634 - 101) \cdot \frac{72,2 \cdot 0,3}{1036,8 \cdot 3,76} \cdot \frac{100}{2,24} \cdot \frac{1}{3} = 44,1 \text{ кПа},$$

где $P_{\max} = 634$ кПа; $P_0 = 101$ кПа; $m = 72,2$ кг; $K_H = 3$;

$Z = 0,3$ (по табл. 2 для ЛВЖ, нагретой выше температуры вспышки);

$V_{св} = 0,8 \cdot (l \cdot b \cdot h) = 0,8 \cdot (18 \cdot 12 \cdot 6) = 1036,8 \text{ м}^3$;

$$r_n = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)} = \frac{92}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 25)} = 3,76 \text{ кг/м}^3$$

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot b} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 9} = 2,24 \%, \text{ т.к.}$$

$$\beta = n_C + 0,25 \cdot (n_H - n_X) - 0,5 \cdot n_O = 7 + 0,25 \cdot 8 = 9.$$

Вывод. Данное помещение относится к категории А, т.к. в технологическом процессе обращается легковоспламеняющаяся жидкость толуол с температурой вспышки менее 28°C и при аварийной ситуации может создаться избыточное давление, превышающее 5 кПа.

Задача №3. Определить категорию помещения в случае аварийной ситуации в технологическом процессе с использованием горючей пыли торфа.

Исходные данные:

- горючее вещество - пыль торфа дисперсностью 450 мкм;
- теплота сгорания $H_m=10,45$ МДж/кг;
- габариты помещения $l \times b \times h=14 \times 12 \times 6$ м;
- температура воздуха в помещении 20°C ;
- масса пыли в аппарате $m_{an}=22$ кг;
- подача пыли в аппарат (производительность) $q=0,07$ кг/с;
- время отключения задвижек $T=300$ с;
- площадь труднодоступных поверхностей $F_1=20$ м²;
- площадь доступных поверхностей $F_2=180$ м²;
- интенсивность пылеотложения:
 - на труднодоступных поверхностях $G_1=1,0 \cdot 10^{-6}$ кг/м²·с;
 - на доступных поверхностях $G_2=2,1 \cdot 10^{-6}$ кг/м²·с;
- продолжительность одного цикла пылевыделения 8 ч;
- количество циклов работы оборудования между уборками:
 - на труднодоступных поверхностях 21;
 - на доступных поверхностях 3;
- доля выделяющейся в объем помещения пыли, оседающей:
 - на труднодоступных поверхностях $\beta_1=0,1$;
 - на доступных поверхностях $\beta_2=0,9$;
- коэффициент эффективности пылеуборки $K_y=0,8$ (для доступных и труднодоступных поверхностей).

Решение

1. Находим массу пыли, выделяющейся в объем помещения:

- между генеральными уборками

$$M_1 = G_1 \cdot F_1 \cdot \tau_1 = 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot (21 \cdot 8 \cdot 3600) = 12,1 \text{ кг};$$

- между текущими уборками

$$M_2 = G_2 \cdot F_2 \cdot \tau_2 = 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot 180 \cdot (3 \cdot 8 \cdot 3600) = 32,7 \text{ кг}.$$

2. Определяем массу пыли, оседающей за междууборочный период:

- на труднодоступных поверхностях

$$m_1 = M_1 \cdot (1-\alpha) \cdot \beta_1 = 12,1 \cdot (1-0) \cdot 0,1 = 1,21 \text{ кг};$$

- на доступных поверхностях

$$m_2 = M_2 \cdot (1-\alpha) \cdot \beta_2 = 32,7 \cdot (1-0) \cdot 0,9 = 29,43 \text{ кг}.$$

В отсутствие экспериментальных данных принимаем $\alpha=0$.

3. Рассчитываем массу пыли, отложившейся в помещении к моменту аварии:

$$m_n = \frac{K_{\Gamma}}{K_{\Upsilon}} \cdot (m_1 + m_2) = \frac{0,9}{0,8} \cdot (1,21 + 29,43) = 34,5 \text{ кг.}$$

В отсутствие экспериментальных данных принимаем $K_{\Gamma}=0,9$.

4. Находим расчетную массу взвихрившейся пыли:

$$m_{\text{вз}} = K_{\text{вз}} \cdot m_n = 0,9 \cdot 34,5 = 31,05 \text{ кг.}$$

В отсутствие экспериментальных данных принимаем $K_{\text{вз}}=0,9$.

5. Определяем расчетную массу пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации:

$$m_{\text{ав}} = (m_{\text{ан}} + q \cdot T) \cdot K_n = (22 + 0,07 \cdot 300) \cdot 0,5 = 21,5 \text{ кг.}$$

Дисперсность пыли составляет более 350 мкм, следовательно, $K_n=0,5$.

6. Рассчитываем расчетную массу взвешенной в объеме помещения пыли:

$$m = m_{\text{вз}} + m_{\text{ав}} = 31,05 + 21,5 = 52,55 \text{ кг.}$$

7. Избыточное давление взрыва пыли торфа определяем по формуле (5):

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_m \cdot P_0 \cdot Z}{V_{\text{св}} \cdot r_v \cdot C_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K_n} = \frac{52,55 \cdot 10,45 \cdot 10^6 \cdot 101 \cdot 0,5}{806,4 \cdot 1,2 \cdot 1,01 \cdot 10^3 \cdot 293} \cdot \frac{1}{3} = 32,28 \text{ кПа,}$$

где $m=52,55$ кг; $H_m=10,45$ МДж/кг; $P_0=101$ кПа;

$\rho_v=1,2$ кг/м³; $C_p=1,01 \cdot 10^{-3}$ Дж/кг·К; $K_n=3$; $T_0=293$ К;

$Z=0,5 \cdot F=0,5 \cdot 1=0,5$;

$V_{\text{св}} = 0,8 \cdot (l \times b \times h) = 0,8 \cdot (14 \cdot 12 \cdot 6) = 806,4 \text{ м}^3$.

Вывод. Данное помещение относится к категории Б, т.к. при воспламенении горючей пыли торфа расчетное избыточное давление превышает 5 кПа.

Задача №4. Определить категорию помещения склада хранения пиломатериалов.

Исходные данные

Склад располагается в помещении площадью 574 м² и высотой 10 м. Пиломатериалы хранятся на трех аналогичных участках размером 12×4,5 м. При этом пожарная нагрузка из древесины составляет 5 т на каждом участке и складирована на высоту 3 м.

Решение

1. Находим величину пожарной нагрузки на каждом из участков:

$$Q = G \cdot Q_H^p = 13,8 \cdot 5\,000 = 69\,000 \text{ МДж},$$

где $Q_H^p = 13,8$ МДж/кг - низшая теплота сгорания древесины.

2. Рассчитываем максимальное значение удельной временной пожарной нагрузки на каждом из участков:

$$g = Q/S = 69\,000 / 12 \cdot 4,5 = 1277,77 \text{ МДж/м}^2.$$

По табл. 4 определяем, что помещение склада относится к категории В3.

3. Проверяем принадлежность данного помещения к категории В3.

Для этого определяем, выполняется ли условие (27):

$$0,64 \cdot g_T \cdot H^2 = 0,64 \cdot 1400 \cdot (10-3)^2 = 43\,904 \text{ МДж},$$

где $g_T = 1400$ МДж/м² при $181 \text{ МДж/м}^2 \leq g \leq 1400 \text{ МДж/м}^2$.

Вывод. Так как $Q = 69\,000$ МДж и условие $Q \geq 43\,904$ МДж выполняется, следовательно, помещение склада относится к категории В2.

Задача №5. Определить категорию помещения, имеющего два участка для размещения материалов.

Исходные данные

Склад располагается в помещении размером $35 \times 15 \times 8$ м. На первом участке на площади 5 м^2 хранится оборудование в сгораемой деревянной и бумажной упаковке. Масса древесины на этом участке 100 кг, а бумаги 20 кг. На 2-м участке площадью 8 м^2 хранится 80 кг хлопчатобумажной одежды. Максимальная высота складирования 1 м.

Решение

1. Находим величину пожарной нагрузки на каждом из участков:

$$Q_1 = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_{Hi}^p = 13,8 \cdot 100 + 13,4 \cdot 20 = 1648 \text{ МДж};$$

$Q_H^p = 13,8$ МДж/кг – низшая теплота сгорания древесины;

$Q_H^p = 13,4$ МДж/кг – низшая теплота сгорания бумаги;

$$Q_2 = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_{Hi}^p = 17,5 \cdot 80 = 1400 \text{ МДж};$$

$Q_H^p = 17,5$ МДж/кг – низшая теплота сгорания хлопчатобумажной ткани.

2. Рассчитываем удельную пожарную нагрузку на каждом из участков.

Площадь размещения пожарной нагрузки составляет 5 и 8 м². В соответствии с прил. Б СП 12.13130.2009 принимаем площадь размещения пожарной нагрузки для обоих участков $S=10$ м². Тогда удельная пожарная нагрузка составит:

$$g_1 = Q_1/S = 1648/10 = 164,8 \text{ МДж/м}^2;$$

$$g_2 = Q_2/S = 1400/10 = 140 \text{ МДж/м}^2.$$

По табл. 4 определяем, что оба участка относятся к категории В4.

3. Для помещений категории В4 необходимо определить предельно допустимые расстояния между участками.

По условиям задачи $H=8-1=7$ м. В этом случае предельные расстояния между участками вычисляются по формуле: $l=l_{np}+(11-H)$, м.

Для определения l_{np} находим значения критической плотности падающих лучистых потоков для материалов, находящихся на складе. Минимальное значение $q_{кр}$ будет у хлопчатобумажной ткани: $q_{кр}=7,5$ кВт/м².

По табл. 5 находим, что для такого значения $q_{кр}$ предельное расстояние $l_{np}=10$ м.

$$\text{Тогда } l = l_{np}+(11-H) = 10+(11-7) = 14 \text{ м.}$$

Вывод. Помещение склада, имеющего два участка для размещения материалов, относится к категории В4. Расстояние между участками должно быть не менее 14 метров.

Задача №6. Определить категорию здания.

Исходные данные

Производственное трехэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F=20\,000$ м². В здании находятся помещения категории А суммарной площадью $F_A=2\,000$ м². Эти помещения оборудованы установками автоматического пожаротушения.

Решение

Суммарная площадь помещений категории А, оборудованных установками автоматического пожаротушения, составляет 10% и не превышает 25% площади всех помещений здания, но более 1 000 м². Согласно [2, п. 6.2] здание относится к категории А.

Задача №7. Определить категорию здания.

Исходные данные

Производственное шестиэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F=32\ 000\ \text{м}^2$.

Площадь помещений:

- категории А составляет $F_A=150\ \text{м}^2$;
- категории Б – $F_B=400\ \text{м}^2$;
- категорий А и Б – $F_{A,B}=550\ \text{м}^2$.

Решение

Суммарная площадь помещений категории А составляет 0,47% и не превышает 5% площади всех помещений здания и $200\ \text{м}^2$. Согласно [2, п. 6.2] здание не относится к категории А.

Суммарная площадь помещений категорий А и Б составляет 1,72% и не превышает 5% площади всех помещений здания, но более $200\ \text{м}^2$. Согласно [2, п. 6.4] здание относится к категории Б.

Задача №8. Определить категорию здания.

Исходные данные

Производственное двухэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F=20\ 000\ \text{м}^2$.

Площадь помещений:

- категорий А и Б составляет $F_{A,B}=900\ \text{м}^2$;
- категорий В1÷В3 - $F_B=4\ 000\ \text{м}^2$;
- категорий А, Б, В1÷В3 – $F_{A,B,B}=4\ 900\ \text{м}^2$.

Помещения категории А, Б, В1÷В3 оборудованы установками автоматического пожаротушения.

Решение

Суммарная площадь помещений категорий А и Б, оборудованных установками автоматического пожаротушения, составляет 4,5% и не превышает 25% площади всех помещений здания и $1\ 000\ \text{м}^2$. Согласно [2, пп. 6.3 и 6.5] здание не относится к категории А или Б.

Суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1÷В3 составляет 24,5% и не превышает 25% площади всех помещений здания, но более $3\ 500\ \text{м}^2$. Согласно [2, п. 6.7] здание относится к категории В.

Задача №9. Определить категорию здания.

Исходные данные

Производственное четырехэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F=16\ 000\ \text{м}^2$.

Площадь помещений:

- категорий А и Б составляет $F_{A,B}=800\ \text{м}^2$;

- категорий В1÷В3 – $F_B=1\ 500\ \text{м}^2$;

- категории Г – $F_G=3000\ \text{м}^2$;

- категорий А, Б, В1÷В3 – $F_{A,B,B}=2\ 300\ \text{м}^2$,

- категорий А, Б, В1÷В3, Г – $F_{A,B,B,G}=5\ 300\ \text{м}^2$.

Помещения категорий А, Б, В1÷В3 оборудованы установками автоматического пожаротушения.

Решение

Суммарная площадь помещений категорий А и Б, оборудованных установками автоматического пожаротушения, составляет 5% и не превышает 25% площади всех помещений здания и $1\ 000\ \text{м}^2$. Согласно [2, пп. 6.3 и 6.5] здание не относится к категории А или Б.

Суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1÷В3, оборудованных установками автоматического пожаротушения, составляет 14,38% и не превышает 25% площади всех помещений здания и $3\ 500\ \text{м}^2$. Согласно [2, п. 6.7] здание не относится к категории В.

Суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1÷В3, Г, где помещения категорий А, Б, В1÷В3 оборудованы установками автоматического пожаротушения, составляет 31,12% площади всех помещений здания, что более 25% и $5\ 000\ \text{м}^2$. Согласно [2, пп. 6.7, 6.8 и 6.9] здание относится к категории Г.

Задача №10. Определить категорию здания.

Исходные данные

Производственное одноэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F=8\ 000\ \text{м}^2$.

Площадь помещений:

- категорий А и Б составляет $F_{A,B}=600\ \text{м}^2$;

- категорий В1÷В3 – $F_B=1\ 000\ \text{м}^2$;

- категории Г – $F_G=200\ \text{м}^2$;

- категорий В4 и Д – $F_{B4,D}=6\ 200\ \text{м}^2$;

- категорий А, Б, В1÷В3 – $F_{А,Б,В}=1\ 600\ \text{м}^2$;
- категорий А, Б, В1÷В3, Г – $F_{А,Б,В,Г}=1\ 800\ \text{м}^2$.

Помещения категорий А, Б, В1÷В3 оборудованы установками автоматического пожаротушения.

Решение

Суммарная площадь помещений категорий А и Б, оборудованных установками автоматического пожаротушения, составляет 7,5% и не превышает 25% площади всех помещений здания и 1 000 м². Согласно [2, пп. 6.3 и 6.5] здание не относится к категории А или Б.

Суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1÷В3, оборудованных установками автоматического пожаротушения, составляет 20% и не превышает 25% площади всех помещений здания и 3 500 м². Согласно [2, п. 6.7] здание не относится к категории В.

Суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1÷В3, Г, где помещения категорий А, Б, В1÷В3 оборудованы установками автоматического пожаротушения, составляет 22,5% и не превышает 25% площади всех помещений здания и 5 000 м². Согласно [2, пп. 6.9 и 6.10], здание не относится к категориям А, Б, В и Г, а имеет категорию Д.

Приложение

Таблица П1

Значения низшей теплоты сгорания горючих веществ и материалов

| Материал или вещество | Низшая теплота сгорания Q_H^P , МДж/кг | Материал или вещество | Низшая теплота сгорания Q_H^P , МДж/кг |
|-----------------------------------|--|------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ТВЕРДЫЕ ВЕЩЕСТВА | | | |
| Алюминиевый порошок | 31,10 | Мука | 16,80 |
| Антрацит | 34,80 | Натрий | 10,88 |
| Белок растительный | 23,45 | Оргстекло | 25,10 |
| Брикеты бурого угля | 20,20 | Парафин твердый | 11,20 |
| Брикеты яичного порошка | 18,80 | Пенополистирол ПСБ-С | 41,63 |
| Бумага | 17,60 | Пенополиуретан | 24,30 |
| Бумага разрыхленная | 13,40 | Пенопласт ПХВ-1 | 19,51 |
| Бумага фотографическая | 13,27 | Пенопласт ФС-7 | 24,43 |
| Буроугольная пыль | 25,00 | Пенопласт ФФ | 31,40 |
| Бурый уголь молодой | 8,40 | Плита ДВП | 20,90 |
| Бурый уголь старый | 18,60 | Плитка полистирольная | 41,87 |
| Войлок строительный | 18,88 | Полиэтилен | 46,62 |
| Волокно ацетатное | 18,77 | Резина | 14,10 |
| Волокно вискозное | 15,60 | Резинотехнические изделия | 33,50 |
| Волокно капрон | 30,72 | Рубероид | 29,50 |
| Волокно лавсан | 22,58 | Сахар | 16,80 |
| Волокно нитрон | 30,75 | Сено | 14,70÷16,70 |
| Волокно энант | 32,10 | Сера | 9,21 |
| Дерматин | 21,54 | Смола искусственная | 16,80 |
| Древесина в изделиях | 13,80 | Солома | 14,70÷17,00 |
| Древесина в штабелях | 16,60 | Стекло органическое | 27,72 |
| Древесина дубовая | 19,90 | Твердое животное масло | 38,20 |
| Древесина еловая | 20,32 | Толь | 15,95 |
| Древесина зеленая | 6,30 | Торф воздушно-сухой | 16,33 |
| Древесина сосновая | 15,32÷20,85 | Торф волокнистый сухой | 21,80 |
| Древесина как условное топливо | 16,45 | Торф фрезерный | 10,45 |
| Жиры животные | 40,00 | Торф-кокс | 29,40 |
| Зерно | 16,80 | Триацетат | 19,10 |
| Кальций | 15,50 | Углерод | 33,30 |

Продолжение табл. П1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--------|---------------------|-------------|
| Каменный уголь | 31,25 | Уголь бурый | 12,50÷25,00 |
| Картон | 16,50 | Уголь древесный | 30,2÷33,90 |
| Каучук синтетический | 40,20 | Уголь коксующийся | 36,30 |
| Каучук натуральный | 44,80 | Фосфор | 25,20 |
| Книги на стеллажах | 13,40 | Хлопок | 17,50 |
| Клепка буковая для паркета | 17,40 | Хлопок разрыхленный | 15,70 |
| Кожаные обрезки | 19,90 | Целлофан | 17,37 |
| Кокс газовый | 26,90 | Целлюлоза | 16,40 |
| Кокс доменный | 30,35 | Целлулоид | 16,30÷20,50 |
| Крахмал | 16,80 | Шевелин | 17,61 |
| Линкруст хлорвиниловый | 17,10 | Шерсть | 20,50÷23,10 |
| Линолеум | 21,00 | Шерстяные волокна | 23,14 |
| Линолеум резиновый (релин) | 27,21 | Шелк | 21,00 |
| Магний | 25,20 | Ячмень | 17,37 |
| Материал (текстиль) | 18,84 | | |
| ЖИДКИЕ ВЕЩЕСТВА | | | |
| Асфальт | 39,90 | Масло солярное | 42,00 |
| Бензин | 43,70 | Нафталин | 38,90 |
| Бензин легкий | 44,50 | Нефть | 43,05 |
| Бензин средний | 43,10 | Нефть метановая | 21,48 |
| Бензол | 40,30 | Сероуглерод | 13,80 |
| Бензол моторный из дегтя каменноугольного | 40,45 | Смола буроугольная | 38,94 |
| Деготь | 38,00 | Спирт | 24,74 |
| Деготь каменноугольный | 39,70 | Спирт 90%-й | 22,70 |
| Керосин | 43,10 | Спирт амиловый | 34,82 |
| Ксилол | 41,12 | Спирт метиловый | 19,95 |
| Мазут | 42,84 | Спирт пропиловый | 30,65 |
| Масло газовое | 42,90 | Спирт этиловый | 26,80 |
| Масло льняное | 39,52 | Толуол | 40,66 |
| Масло из дегтя | 40,74 | Топливо дизельное | 41,90 |
| Масло креозоловое | 37,80 | Топливо | 41,53 |
| Масло рапсовое | 39,90 | Фенол | 32,24 |
| ГАЗООБРАЗНЫЕ ВЕЩЕСТВА | | | |
| Ацетилен | 56,19 | Диэтиловый эфир | 112,00 |
| Ацетон | 74,10 | Изобутан | 124,00 |
| Бензол | 140,13 | Изобутилен | 113,50 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------|--------|----------------------|--------|
| Бутан | 120,83 | Коксовый водяной газ | 11,30 |
| Водород | 11,14 | Крекинг-газ | 73,27 |
| Газ воздушный | 4,77 | Н-пентан | 146,33 |
| Газ из сточных вод | 20,93 | Н-бутан | 118,65 |
| Газ каменноугольный | 23,03 | Метан | 35,80 |
| Газ коксовый | 20,43 | Пропан | 98,68 |
| Газ природный | 36,63 | Пропилен | 86,63 |
| Газ городской светильный | 18,84 | Толуол | 166,63 |
| Гексан | 171,00 | Этан | 64,31 |
| Гептан | 183,00 | Этилен | 59,41 |

Таблица П2

Значения критических плотностей падающих лучистых потоков

| Материал или вещество | $q_{кр}$, кВт/м ² | Материал или вещество | $q_{кр}$, кВт/м ² |
|--|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Винилискожа | 30÷32 | Пенополистирол (панели) | 10÷15 |
| Вискоза | 14÷17 | Пенополиуретан (панели) | 13÷40 |
| Древесина (сосна влажн. 12%) | 13,9 | Пергамин | 17,4 |
| Древесина, бумага | 10 | Покрытие ковровое | 4÷6 |
| Древесно-стружечные плиты плотн. 417 кг/м ³ | 8,3 | Поликарбонат | 15 |
| Плитка древесно- волоконистая (ДВП) | 13 | Полиметилметакрилат | 11 |
| Плитка древесно- стружечная (ДСП) | 12 | Полиоксиметилен | 13 |
| ДВП с лакокрасочным покрытием под ценные породы дерева | 12÷16 | Полипропилен | 13 |
| ДСП с отделкой «Полиплен» | 12 | Полистирол | 15 |
| Картон серый | 10,8 | Полиэстер | 8÷18 |
| Кожа искусственная | 17,9÷20 | Полиэтилен | 15 |
| Конвейерная лента | 15÷20 | Резина | 14,8 |
| Лакокрасочные покрытия | 25 | Рулонная кровля | 17,4 |
| Линолеум алкидный | 10 | Сахар | 10 |
| Линолеум ПВХ | 10÷12 | Сено, солома (влажн. до 8%) | 7 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--------------|---------------------------------------|-------|
| Линолеум ПВХ на тканевой основе | 6÷12 | Слоистый пластик | 15,4 |
| Металлопласт | 24÷27 | Стеклопластик | 15,3 |
| Мука | 10 | Стеклопластик на полиэфирной основе | 14 |
| Нейлон | | Декоративный бумажно-слоистый пластик | 19÷24 |
| Обои моющиеся ПВХ на бумажной основе | | Торф брикетный | 13,2 |
| ПВХ листовой | | Торф кусковый | 9,8 |
| ПВХ-панели | | Уголь | 35 |
| Легковоспламеняющиеся, горючие и трудногорючие жидкости при температуре самовоспламенения: | | Хлопок | 7,5 |
| | 300°С | | |
| | 350°С | 12,1 | |
| | 400°С | 15,5 | |
| | 500°С и выше | 19,9 | |
| | 28 | | |

Библиографический список

1. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // <http://www.pravo.gov.ru>.
2. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 26 с.
3. Пособие по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» / И.М. Смолин [и др.]. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2014. – 147 с.
4. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 №390 (ред. от 23.06.2014) «О противопожарном режиме» (вместе с «Правилами противопожарного режима в Российской Федерации») // <http://www.pravo.gov.ru>.
5. Корольченко, А.Я. Категорирование помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности: учеб. пособие / А.Я. Корольченко, Д.О. Загорский. – М.: Пожнаука, 2010. – 118 с.
6. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ. изд.: в 2 кн. / А.Н. Баратов [и др.]. – М.: Химия, 1990. – 880 с.
7. Портола, В.А. Расчет процессов горения и взрыва: учеб. пособие / В.А. Портола, Н.Ю. Луговцова, Е.С. Торосян. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2012. – 108 с.