

**КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ,
ЗДАНИЙ И НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК
ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ**

**КАТЭГАРЫРАВАННЕ ПАМЯШКАННЯЎ,
БУДЫНКАЎ І ВОНКАВЫХ УСТАНОВАК
ПА ЎЗРЫВАПАЖАРНАЙ І ПАЖАРНАЙ НЕБЯСПЕКІ**

Издание официальное



Министерство по чрезвычайным
ситуациям Республики Беларусь
Минск 2013

Ключевые слова: взрывопожароопасная категория помещения, здания, наружной установки; пожароопасная категория помещения, здания, наружной установки; критерий взрывопожарной опасности; избыточное давление взрыва

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 РАЗРАБОТАН учреждением «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

ВНЕСЕН учреждением «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 29 января 2013 г. № 4

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ (с отменой НПБ 5-2005* «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»)

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

Содержание

1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	2
4 Общие положения	3
5 Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.....	3
5.1 Категорирование помещений по взрывопожарной и пожарной опасности	3
5.2 Определение взрывопожароопасной категории помещения.....	4
5.3 Определение пожароопасной категории помещения.....	6
6 Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	7
7 Категорирование наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.....	8
Приложение А (обязательное) Определение массы веществ, которые могут образовывать взрывоопасные газозвдушные смеси	10
А.1 Определение массы ГГ, которые могут образовывать взрывоопасные газозвдушные смеси.....	10
А.2 Определение массы паров ЛВЖ и ГЖ, которые могут образовывать взрывоопасные парозвдушные смеси	11
А.3 Определение массы горючей пыли, которая может образовывать взрывоопасные пылевоздушные смеси.....	13
Приложение Б (обязательное) Расчетное определение значения коэффициента Z участия горючих газов и паров ненагретых ЛВЖ во взрыве	15
Приложение В (обязательное) Методы расчета значений критериев пожарной опасности наружных установок	19
В.1 Методы расчета значений критериев пожарной опасности для горючих газов и паров	19
В.2 Метод расчета значений критериев пожарной опасности для горючих пылей.....	23
В.3 Метод расчета интенсивности теплового излучения	24
В.4 Метод оценки индивидуального риска	25
Приложение Г (обязательное) Структура расчета категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	27
Приложение Д (справочное) Примеры определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности	28
Приложение Е (справочное) Показатели пожаровзрывоопасности некоторых веществ и материалов.....	43
Библиография	51

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ**КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ, ЗДАНИЙ И НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК
ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ****КАТЭГАРЫРАВАННЕ ПАМЯШКАННЯЎ, БУДЫНКАЎ І ВОНКАВЫХ УСТАНОВАК
ПА ЎЗРЫВАПАЖАРНАЙ І ПАЖАРНАЙ НЕБЯСПЕКІ**

Categorization of rooms, buildings and external installations on explosion and fire hazard

Дата введения 2013-04-15

1 Область применения

1.1 Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – технический кодекс) устанавливает методику определения категорий помещений и зданий (пожарных отсеков) классов функциональной пожарной опасности Ф5.1, Ф5.2, Ф5.3 согласно ТКП 45-2.02-142 (далее – помещений и зданий) и наружных установок 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. Открытые склады (в том числе под навесами, на рампах и площадках) для хранения взрывопожароопасных веществ и материалов категоризируются как наружные установки.

1.2 Настоящий технический кодекс не распространяется на помещения, здания и наружные установки для производства и хранения взрывчатых веществ (далее – ВВ), средств инициирования ВВ, здания, сооружения и наружные установки, определение категорий которых осуществляется по специальным нормам и правилам, утвержденным в установленном порядке.

1.3 Категории помещений, зданий и наружных установок, определенные в соответствии с настоящим техническим кодексом, следует применять для установления нормативных требований по обеспечению взрывопожарной и пожарной безопасности указанных помещений, зданий и наружных установок в отношении планировки застройки, этажности и площадей пожарных отсеков, размещения помещений, обеспечения эвакуации людей, конструктивных решений, инженерного оборудования. Мероприятия по обеспечению безопасности людей должны разрабатываться в зависимости от пожаровзрывоопасных свойств и количества веществ и материалов в соответствии с ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.044.

1.4 Требования настоящего технического кодекса должны учитываться в проектах на строительство, реконструкцию, модернизацию и техническое перевооружение, а также при изменениях технологических процессов и при эксплуатации помещений, зданий и наружных установок.

2 Нормативные ссылки

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА):

ТКП 45-2.02-142-2011 (02250) Здания, строительные конструкции, материалы и изделия. Правила пожарно-технической классификации

ТКП 45-2.02-242-2011 (02250) Ограничение распространения пожара. Противопожарная защита населенных пунктов и территорий предприятий. Строительные нормы проектирования

ТКП 339-2011 (02230) Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросилового и аккумуляторного, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемо-сдаточных испытаний

СТБ 11.0.03-95 Система стандартов пожарной безопасности. Пассивная противопожарная защита. Термины и определения

СТБ 11.05.03-2010 Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы оценки и анализа пожарной опасности. Общие требования

СТБ 2129-2010 Здания и сооружения. Порядок определения пожарной нагрузки

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения

ГОСТ 21391-84 Средства пакетирования. Термины и определения

Примечание – При пользовании техническим кодексом целесообразно проверять действие ТНПА по Перечню ТНПА по строительству, действующих на территории Республики Беларусь, и по каталогу, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании техническим кодексом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем техническом кодексе применяются термины с соответствующими определениями:

3.1 аварийная ситуация: Ситуация, характеризующаяся вероятностью возникновения аварии с возможностью дальнейшего ее развития.

3.2 взрыв паровоздушного облака: Процесс сгорания горючей паровоздушной смеси в открытом пространстве с образованием волн давления.

3.3 взрыв паровоздушной смеси в ограниченном объеме (резервуаре или производственном помещении): Процесс сгорания образовавшейся в ограниченном объеме горючей паровоздушной смеси с повышением давления в этом объеме.

3.4 взрыв резервуара с перегретой жидкостью при воздействии на него очага пожара: Процесс разрушения резервуара при нагреве от очага пожара находящейся в резервуаре жидкости до температуры, превышающей нормальную температуру кипения, с дальнейшим взрывообразным вскипанием жидкости. Процесс сопровождается образованием волн давления и, если жидкость горючая, «огненным шаром».

3.5 взрывоопасная смесь: Смесь воздуха или окислителя с горючими газами, парами легко воспламеняющихся жидкостей, горючими пылями или волокнами, которая при определенной концентрации и возникновении источника инициирования взрыва способна взорваться.

3.6 время отключения (время срабатывания): Промежуток времени от начала возможного поступления горючего вещества из трубопровода (перфорация, разрыв, изменение номинального давления и т. п.) до полного прекращения поступления газа или жидкости в помещение.

3.7 доступная для уборки площадь: Поверхности, пыль с которых удаляется в процессе текущих пылеуборок (ежесменно, ежесуточно и т. п.).

3.8 категория пожарной (взрывопожарной) опасности объекта: Классификационная характеристика пожарной (взрывопожарной) опасности здания (или частей здания между противопожарными стенами – пожарных отсеков), сооружения, строения, помещения, наружной установки.

3.9 наружная установка: Комплекс аппаратов и технологического оборудования, расположенных вне зданий.

3.10 огненный шар: Крупномасштабное диффузионное пламя сгорающей массы топлива или парового облака, поднимающееся над поверхностью земли (по СТБ 11.05.03).

3.11 переменная (временная) пожарная нагрузка: Часть пожарной нагрузки, которая изменяется в процессе эксплуатации помещения, здания, сооружения (по СТБ 11.0.03).

Примечание – Может выражаться в единицах массы или энергии тепловыделения.

3.12 пожар в помещении: Процесс диффузионного горения твердых, жидких и газообразных горючих веществ, находящихся в помещении, вызывающий прогрев строительных конструкций и технологического оборудования с возможной потерей ими несущей способности.

3.13 пожарная нагрузка помещения (здания, сооружения): Вещества, материалы, оборудование и конструкции, имеющиеся в данном помещении (здании, сооружении), которые при пожаре могут гореть (по СТБ 11.0.03). Переменная (временная) пожарная нагрузка включает вещества и материалы, обращающиеся в производствах, технологическое и санитарно-техническое оборудование, изоляцию, вещества, находящиеся в расходных складах, мебель и другие материалы, способные гореть.

3.14 проектная авария: Авария, для которой обеспечение заданного уровня безопасности гарантируется предусмотренными в проекте промышленного предприятия системами обеспечения безопасности (по СТБ 11.05.03).

3.15 пыль: Диспергированные твердые вещества и материалы с размером частиц менее 850 мкм (по ГОСТ 12.1.044). Горючие пыли и волокна относятся к взрывоопасным, если их концентрационный предел воспламенения не превышает 65 г/м³ (по ПУЭ).

3.16 размер зоны: Протяженность ограниченной каким-либо образом части пространства.

3.17 расчетная пожарная нагрузка: Расчетный показатель, характеризующий количество теплоты, выделяющейся с единицы площади при пожаре (по СТБ 11.0.03).

3.18 сценарий аварии: Модель последовательности событий с определенной зоной воздействия опасных факторов пожара на людей, здания, сооружения и технологическое оборудование.

3.19 теплота сгорания: Тепловая энергия, образующаяся при сгорании единицы массы (единицы объема) определенного вещества (по СТБ EN 13501-1).

3.20 труднодоступная для уборки площадь: Поверхности в производственных помещениях, очистка которых осуществляется только при генеральных пылеуборках.

3.21 удельная переменная (временная) пожарная нагрузка: Переменная (временная) пожарная нагрузка, выраженная в массе или в энергии тепловыделения, отнесенная к единице площади пола (по СТБ 2129).

4 Общие положения

4.1 По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1–В4, Г1, Г2, Д, а здания – на категории А, Б, В, Г и Д. По взрывопожарной и пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории А_н, Б_н, В_н, Г_н, Д_н.

4.2 Категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий определяются для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода исходя из вида находящихся в аппаратах и помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, особенностей технологических процессов.

4.3 Определение пожароопасных свойств веществ и материалов и других показателей проводится на основании результатов испытаний или расчетов по методикам, регламентированным ТНПА с учетом состояния технологических параметров и режимов (давление, температура и др.).

Допускается использование справочных данных, опубликованных в официальных изданиях.

4.4 Допускается использование показателей пожарной опасности для смесей веществ и материалов по наиболее опасному в пожарном отношении компоненту.

5 Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

5.1 Категорирование помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

5.1.1 Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с таблицей 1.

5.1.2 Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1, от высшей (А) к низшей (Д).

Проверка принадлежности помещений к категориям А, Б, В1–В4 осуществляется расчетом в соответствии с главами настоящего технического кодекса.

Таблица 1 – Категории помещений

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А (взрывопожароопасная)	Горючие газы (далее – ГГ), легковоспламеняющиеся жидкости (далее – ЛВЖ) 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. 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 (взрывопожароопасная)	Горючие пыли или волокна, ЛВЖ с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости (далее – ГЖ) в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пыле- или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1–В4 (пожароопасные)	ГГ, ЛВЖ, ГЖ 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 взрываться и гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категории А или Б

Окончание таблицы 1

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
Г1	ГГ, ЛВЖ, ГЖ, твердые горючие вещества и материалы, которые сжигаются или утилизируются в процессе контролируемого горения в качестве топлива
Г2	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии, горючие и трудногорючие вещества и материалы в таком количестве, что удельная пожарная нагрузка на участке их размещения в помещении не превышает 100 МДж/м ² , а пожарная нагрузка в пределах помещения – 1000 МДж
<p>Примечания</p> <p>1 Разделение помещений на категории В1–В4 осуществляется согласно подразделу 5.3 настоящего технического кодекса.</p> <p>2 К категории В4 допускается относить помещения (без проведения соответствующего расчета), в которых находятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> горючие и трудногорючие жидкости с температурой вспышки 120 °С и выше в системах смазки, охлаждения и гидропривода оборудования массой менее 60 кг на единицу оборудования при давлении в системе менее 0,2 МПа, при этом расстояние между оборудованием не нормируется; трудногорючие вещества и материалы, строительные материалы группы горючести Г1 в качестве временной пожарной нагрузки. Масса трудногорючих веществ и материалов, строительных материалов группы горючести Г1 не ограничивается при условии отсутствия в помещении иных горючих веществ и материалов. При наличии в помещении горючих веществ и материалов расчет производится с учетом полной массы трудногорючих веществ и материалов, строительных материалов группы горючести Г1; электрические кабели для запитки технологического и инженерного оборудования, приборов освещения (за исключением маслonaполненных), при этом указанное положение не распространяется на серверные, помещения АТС и аналогичные; ГГ (при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, согласно расчету не относятся к категории А и отсутствует иная пожарная нагрузка); негорючие грузы в горючей упаковке (для помещений класса функциональной пожарной опасности А 5.2), при этом: <ul style="list-style-type: none"> средства пакетирования (поддоны, подкладной лист и др.) по ГОСТ 21391 не относятся к горючей упаковке и при наличии в их составе горючих веществ и материалов учитываются в качестве временной пожарной нагрузки; горючая упаковка, масса которой превышает 20 % массы негорючих грузов, учитывается в качестве временной пожарной нагрузки; горючая подстилка на полу в помещениях для содержания животных, птиц и зверей в животноводческих, птицеводческих и звероводческих зданиях, при условии, что величина удельной пожарной нагрузки не превышает 100 МДж/м² (независимо от общей пожарной нагрузки в помещении). <p>3 К категории Д допускается относить помещения (без проведения соответствующего расчета), в которых находятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> предметы мебели на рабочих местах; помещения с мокрыми процессами (холодильники и холодильные камеры с негорючим хладагентом, помещения мойки и подобные им помещения), при этом температура в холодильниках и холодильных камерах не должна превышать 0 °С. 	

5.2 Определение взрывопожароопасной категории помещения

5.2.1 Для отнесения помещения к взрывопожароопасной категории должны быть выполнены два условия:

свойства веществ должны соответствовать требованиям согласно таблице 1;

масса веществ, участвующих в аварийной ситуации, должна быть достаточной для создания избыточного давления взрыва свыше 5 кПа.

5.2.2 Избыточное давление взрыва ΔP для индивидуальных¹ горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, определяется по формуле

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{CB} \cdot \rho_{г.л.}} \cdot \frac{100}{C_{CT}} \cdot \frac{1}{k_H}, \quad (1)$$

где P_{\max} – максимальное давление взрыва стехиометрической газо- или паровоздушной смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным в соответствии с пунктами 4.3, 4.4. При отсутствии данных допускается принимать P_{\max} равным 900 кПа либо определять по формуле

¹ Вещества, состоящие из атомов или молекул только одного определенного вида.

$$P_{\max} = \frac{P_0 \cdot T_r \cdot n_k}{T_0 \cdot n_H}, \quad (2)$$

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

T_r – адиабатическая температура горения стехиометрической смеси горючего с воздухом при постоянном объеме, К;

n_k – число молей газообразных продуктов горения;

T_0 – начальная температура воздуха, К;

n_H – число молей исходной газовой смеси;

m – масса ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, вышедших в результате расчетной аварии в помещение, определяемое в соответствии с приложением А, кг;

Z – коэффициент участия горючего во взрыве. При выполнении условия Б1 приложения Б определяется в соответствии с приложением Б, при невыполнении условия допускается определять по таблице Б.2;

V_{CB} – свободный объем помещения, м³;

$\rho_{г.п.}$ – плотность газа или пара при расчетной температуре t_p , кг·м⁻³, вычисляемая по формуле

$$\rho_{г.п.} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)}, \quad (3)$$

где M – молярная масса, кг·кмоль⁻¹;

V_0 – молярный объем, равный 22,413 м³·кмоль⁻¹;

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 изменения температуры в аварийной ситуации. Если такое значение расчетной температуры t_p по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61 °С;

$C_{СТ}$ – стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, % (об.), вычисляемая по формуле

$$C_{СТ} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \quad (4)$$

где $\beta = n_c + \frac{n_H - n_x}{4} - \frac{n_o}{2}$ – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания;

n_c, n_H, n_o, n_x – число атомов С, Н, О и галогенов в молекуле горючего вещества;

k_H – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать k_H равным 3.

5.2.3 Расчет ΔP для веществ, кроме упомянутых в пункте 5.2.2, а также для смесей может быть выполнен по формуле

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z}{V_{CB} \cdot \rho_B \cdot C_P \cdot T_0} \cdot \frac{1}{k_H}, \quad (5)$$

где H_T – теплота сгорания, Дж·кг⁻¹;

ρ_B – плотность воздуха до взрыва при начальной температуре t_0 , кг·м⁻³, вычисляемая по формуле

$$\rho_B = \frac{1,293}{(1 + 0,00367 \cdot t_p)}, \quad (6)$$

где 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 изменения температуры в аварийной ситуации. Если такое значение расчетной температуры t_p по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61 °С;

C_P – теплоемкость воздуха, Дж·кг⁻¹·К⁻¹ (допускается принимать равной $1,01 \cdot 10^3$ Дж·кг⁻¹·К⁻¹).

При отсутствии справочных данных на вещества и материалы теплота сгорания H_T , кДж·кг⁻¹, может определяться по следующим формулам:

индивидуальных горючих веществ

$$H_T = \frac{418}{M} \cdot (81 \cdot C + 246 \cdot H + 26 \cdot (N + S + P + Se + Te + Si + B - O)), \quad (7)$$

где $C, H, N, S, P, Se, Te, Si, B, O$, – атомные массы элементов, участвующих в горении.
для смесей ГГ и паров ЛВЖ

$$H_T = 0,01 \cdot \sum_{i=1}^n H_{Ti} \cdot \varphi_i, \quad (8)$$

где H_{Ti} – теплота сгорания i -го вещества, кДж·кг⁻¹;
 φ_i – процентное содержание i -го вещества, %;

для смесей ГЖ и нефтепродуктов

$$H_T = 50\,460 - 8,546 \cdot \rho_{ж}, \quad (9)$$

где $\rho_{ж}$ – плотность жидкости при расчетной температуре, кг·м⁻³.

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

5.2.5 Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей ΔP проводится по формуле (5), где коэффициент участия взвешенной пыли во взрыве Z рассчитывается по формуле

$$Z = 0,5 \cdot F, \quad (10)$$

где F – массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого аэрозоль становится взрывобезопасной, т.е. неспособной распространять пламя.

В отсутствие возможности получения сведений для расчета величины Z допускается принимать $Z = 0,5$.

5.2.6 Расчетное избыточное давление взрыва ΔP для гибридных взрывоопасных смесей, содержащих ГГ (пары) и пыли, определяется по формуле

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2, \quad (11)$$

где ΔP_1 – давление взрыва, вычисленное для ГГ (пара) в соответствии с пунктами 5.2.2 и 5.2.3;

ΔP_2 – давление взрыва, вычисленное для горючей пыли в соответствии с пунктом 5.2.5.

5.3 Определение пожароопасной категории помещения

5.3.1 Определение пожароопасной категории помещения осуществляется путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в таблице 2.

При расчете временной удельной пожарной нагрузки на участках размещения допускается учитывать положения СТБ 2129, за исключением коэффициента, отражающего наличие средств противопожарной защиты.

Таблица 2 – Пожароопасные категории помещений

Категория помещения	Удельная пожарная нагрузка g на участке, МДж/м ²	Способ размещения
B1	Более 2200	Не нормируется
B2	1400–2200	См. пункт 5.3.2
B3	200–1400	То же
B4	100–200	На любом участке пола помещения площадью не более 10 м ² . Способ размещения участков пожарной нагрузки определяется согласно пункту 5.3.4

5.3.2 Если при определении категории B2 или B3 количество пожарной нагрузки Q , определенное по формуле (12), отвечает неравенству

$$Q \geq 0,64 \cdot g_T \cdot H^2,$$

то помещение будет относиться к категории В1 или В2 соответственно. Здесь $g_T = 2200 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}$ при $1400 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2} < g \leq 2200 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}$ и $g_T = 1400 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}$ при $200 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2} < g \leq 1400 \text{ МДж}\cdot\text{м}^{-2}$.

5.3.3 При пожарной нагрузке, включающей в себя различные сочетания (смесь) горючих и трудногорючих веществ и материалов в пределах пожароопасного участка, пожарная нагрузка Q , МДж, определяется из соотношения

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_{Hi}^P, \quad (12)$$

где G_i – количество i -го материала пожарной нагрузки, кг;

Q_{Hi}^P – низшая теплота сгорания i -го материала пожарной нагрузки, МДж·кг⁻¹.

Удельная временная пожарная нагрузка g , МДж·м⁻², определяется из соотношения

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (13)$$

где S – площадь размещения пожарной нагрузки, определяется как ее линейная проекция на пол в пределах пожарного участка (не менее 10 м² и не более площади помещения), м².

При наличии в технологическом оборудовании ЛВЖ, ГЖ площадь размещения пожарной нагрузки определяется с учетом следующих предпосылок:

в процессе аварии все содержимое аппарата поступает в помещение;

под площадью размещения пожарной нагрузки понимается площадь разлива ЛВЖ, ГЖ, ограниченная бортиками, поддонами, сливными емкостями и др.

5.3.4. В помещениях категорий В1–В4 допускается наличие нескольких участков с пожарной нагрузкой, не превышающей значений, приведенных в таблице 2. В помещениях категории В4 при пожарной нагрузке более 2000 МДж (в пределах помещения) расстояния между участками размещения пожарной нагрузки должны быть более предельных, в противном случае помещение относится к категории В3. Рекомендуемые значения предельных расстояний $l_{пр}$ в зависимости от величины критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$ (кВт·м⁻²) для пожарной нагрузки, состоящей из твердых горючих и трудногорючих материалов должны быть не менее приведенных в таблице 3.

Величины $l_{пр}$, приведенные в таблице 3, рекомендуются при условии, если $H > 11$ м; если $H < 11$ м, то предельное расстояние определяется по формуле

$$l = l_{пр} + (11 - H), \quad (14)$$

где $l_{пр}$ – предельное расстояние между участками размещения пожарной нагрузки, м (определяется по таблице 3);

H – минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм перекрытия (покрытия), м.

Таблица 3 – Предельные расстояния между участками пожарной нагрузки

$q_{кр}$, кВт·м ⁻²	До 5	Свыше 5 до 10	Свыше 10 до 15	Свыше 15 до 20	Свыше 20 до 25	Свыше 25 до 30	Свыше 30 до 40	Свыше 40 до 50
$l_{пр}$, м	12	8	6	5	4	3,8	3,2	2,8

Значения $q_{кр}$ для некоторых материалов пожарной нагрузки приведены в приложении Е.

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

Для материалов пожарной нагрузки с неизвестными значениями $q_{кр}$ значения предельных расстояний принимаются $l_{пр} \geq 12$ м.

Для пожарной нагрузки, состоящей из ЛВЖ или ГЖ, рекомендуемое расстояние $l_{пр}$ между соседними участками размещения (разлива) пожарной нагрузки рассчитывается по следующим формулам:

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

$$l_{пр} \geq 26 - H \text{ при } H < 11. \quad (16)$$

6 Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

6.1 Определение категорий зданий осуществляется путем последовательной проверки принадлежности здания к категориям от высшей (А) к низшей (Д), при этом следует учитывать: процент площади помещений соответствующих категорий;

максимальную площадь помещений соответствующих категорий;
 оборудование помещений автоматическими установками пожаротушения.

6.2 Здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5 % площади всех помещений или 200 м².

Допускается не относить здание к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²), и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

6.3 Здание относится к категории Б, если одновременно выполнены два условия:

здание не относится к категории А;

суммарная площадь помещений категорий А и Б превышает 5 % суммарной площади всех помещений или 200 м².

Допускается не относить здание к категории Б, если суммарная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²), и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

6.4 Здание относится к категории В, если одновременно выполнены два условия:

здание не относится к категории А или Б;

суммарная площадь помещений категорий А, Б и В1–В3 превышает 5 % (10 %, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории В, если суммарная площадь помещений категорий А, Б и В1–В3 в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3500 м²), и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

6.5 Здание относится к категории Г, если одновременно выполнены два условия:

здание не относится к категории А, Б или В;

суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1–В3 и Г1–Г2 превышает 5 % суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1–В3 и Г1–Г2 в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 м²) и помещения категорий А, Б, В1–В3 оборудуются установками автоматического пожаротушения.

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

6.7 При определении категории здания площадь всех помещений в здании (классов функциональной пожарной опасности Ф5.1–Ф5.3) определяется как сумма категоризируемых и некатегоризируемых помещений.

6.8 При определении категорий зданий помещения В1–В3 учитываются в суммарной площади помещений категории В, а помещения категории В4 – в площади помещений категории Д.

6.9 При учете максимальной площади помещений соответствующих категорий и оборудовании помещений автоматическими установками пожаротушения суммарную площадь рекомендуется приводить к максимально допустимой площади помещений без оборудования их автоматическими установками пожаротушения. При этом площадь помещений, оборудованных автоматическими установками пожаротушения, учитывается с коэффициентом 0,2.

7 Категорирование наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

7.1 Определение категорий наружных установок следует осуществлять путем последовательной проверки их принадлежности к категориям, приведенным в таблице 4, от высшей (А_н) к низшей (Д_н).

Таблица 4 – Категории наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория наружной установки	Критерии отнесения наружной установки к той или иной категории по пожарной опасности
А _н	Установка относится к категории А _н , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) ГГ; ЛВЖ с температурой вспышки не более 28 °С; вещества и/или материалы, способные гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и/или друг с другом, при условии, что горизонтальный размер зоны, ограничивающей газопаровоздушные смеси с концентрацией горючего, выше нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР), превышает 30 м и/или расчетное избыточное давление при сгорании газопаровоздушной смеси на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа. Допускается не относить установку к категории А _н при условии, что величина индивидуального риска при возможном сгорании указанных веществ с образованием волн давления не превышает 10 ⁻⁶ в год на расстоянии 30 м от наружной установки

Продолжение таблицы 4

Категория наружной установки	Критерии отнесения наружной установки к той или иной категории по пожарной опасности
Б _н	Установка относится к категории Б _н , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие пыли и/или волокна; ЛВЖ с температурой вспышки более 28 °С; ГЖ, при условии, что горизонтальный размер зоны, ограничивающей паровоздушные смеси с концентрацией горючего, выше нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР), превышает 30 м и/или расчетное избыточное давление при сгорании паро- или пылевоздушной смеси на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа. Допускается не относить установку к категории Б _н при условии, что величина индивидуального риска при возможном сгорании пыле- и/или паровоздушных смесей с образованием волн давления не превышает 10 ⁻⁶ в год на расстоянии 30 м от наружной установки
В _н	Установка относится к категории В _н , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) ГГ, ЛВЖ, ГЖ и/или трудногорючие жидкости; твердые горючие и/или трудногорючие вещества и/или материалы (в том числе пыли и/или волокна); вещества и/или материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и/или друг с другом гореть; не реализуются критерии, позволяющие отнести установку к категории А _н или Б _н , и тепловое излучение от очага пожара указанных веществ и/или материалов на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 4 кВт·м ⁻² . Допускается не относить установку к категории В _н при условии, что величина индивидуального риска при возможном сгорании указанных веществ и/или материалов не превышает 10 ⁻⁶ в год на расстоянии 30 м от наружной установки
Г _н	Установка относится к категории Г _н , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) негорючие вещества и/или материалы в горячем, раскаленном и/или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и/или пламени, а также ГГ, жидкости и/или твердые вещества, которые сжигаются в качестве топлива или утилизируются
Д _н	Установка относится к категории Д _н , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) в основном негорючие вещества и/или материалы в холодном состоянии, и по перечисленным выше критериям она не относится к категориям А _н , Б _н , В _н , Г _н

7.2. Расчет значений критериев пожарной опасности наружных установок проводится согласно приложению В настоящего технического кодекса.

Приложение А
(обязательное)

**Определение массы веществ, которые могут образовывать
взрывоопасные газоздушные смеси**

А.1 Определение массы ГГ, которые могут образовывать взрывоопасные газоздушные смеси

А.1.1 При расчете значений критериев взрывопожарной опасности в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором во взрыве участвует наибольшее количество веществ или материалов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва.

В случае, если использование расчетных методов не представляется возможным, допускается определение значений критериев взрывопожарной опасности на основании результатов соответствующих научно-исследовательских работ, согласованных и утвержденных в установленном порядке.

А.1.2 Количество поступивших в помещение веществ, которые могут образовать взрывоопасные газоздушные смеси, определяется исходя из следующих предпосылок.

Происходит расчетная авария одного из аппаратов согласно пункту А.1.1.

Все содержимое аппарата поступает в помещение.

Происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потоку, 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, если вероятность отказа системы автоматики не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование его элементов;

120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование его элементов;

300 с – при ручном отключении.

Не допускается использование технических средств для отключения трубопроводов, для которых время отключения превышает приведенные выше значения.

А.1.3 Масса газа m , кг, поступившего в помещение при расчетной аварии, определяется по формуле

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_{г.п.}, \quad (A.1)$$

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

V_T – объем газа, вышедшего из трубопроводов, м³;

$\rho_{г.п.}$ – плотность газа при расчетной температуре t_p , кг·м⁻³.

При этом

$$V_a = 0,01 \cdot P_1 \cdot V, \quad (A.2)$$

где P_1 – давление в аппарате, кПа;

V – объем аппарата, м³.

$$V = V_{1T} + V_{2T}, \quad (A.3)$$

где V_{1T} – объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м³;

V_{2T} – объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м³.

$$V_{1T} = q \cdot T, \quad (A.4)$$

где q – расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и других параметров, м³·с⁻¹;

T – время, определяемое по пункту А.1.2, с.

$$V_{2T} = 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot (r_1^2 \cdot L_1 + r_2^2 \cdot L_2 + \dots + r_n^2 \cdot L_n), \quad (A.5)$$

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

r – внутренний радиус трубопроводов, м;

L – длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

A.1.4 При определении значения массы m допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности (согласно [1]), при условии размещения вытяжных устройств для удаления поступающих в помещение газов и паров с учетом требований [2].

A.2 Определение массы паров ЛВЖ и ГЖ, которые могут образовывать взрывоопасные паровоздушные смеси

A.2.1 Масса паров ЛВЖ и ГЖ, которые могут образовать взрывоопасные паровоздушные смеси, определяется исходя из следующих предпосылок:

происходит расчетная авария одного из аппаратов согласно пункту A.1.1;

все содержимое аппарата поступает в помещение;

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

Расчетное время отключения трубопроводов определяется в соответствии с пунктом A.1.2.

A.2.2 Происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости. Площадь разлива при наличии устройств ограничения растекания равна площади в пределах устройства, при этом объем ограждения должен надежно удерживать весь объем аппарата либо вмещать максимально возможный объем жидкости, истекающий из трубопроводов (аппарата) до их полного отключения. При отсутствии устройств, ограничивающих растекание, площадь растекания определяется исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70 % и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,5 м², а остальных жидкостей – на 1 м² пола помещения.

A.2.3 Происходит также испарение жидкости из емкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом жидкости.

A.2.4 Длительность испарения жидкости принимается равной времени ее полного испарения, но не более 3600 с.

A.2.5 Масса паров жидкости m , поступивших в помещение при наличии нескольких источников испарения (поверхность разлитой жидкости, поверхность со свеженанесенным составом, открытые емкости и т. п.), определяется из выражения

$$m = m_p + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр}}, \quad (\text{A.6})$$

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

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

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

При этом каждое из слагаемых в формуле (A.6) определяется по формуле

$$m = W \cdot F_{\text{и}} \cdot T, \quad (\text{A.7})$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по пункту A.2.6, кг·с⁻¹·м⁻²;

$F_{\text{и}}$ – площадь испарения, м², определяемая в соответствии с A.2.2 в зависимости от массы жидкости $m_{\text{п}}$, вышедшей в помещение;

T – время испарения, определяемое по пункту A.2.4, с.

Если аварийная ситуация связана с возможным поступлением жидкости в распыленном состоянии, то она должна быть учтена в формуле (A.6) введением дополнительного слагаемого, учитывающего общую массу поступившей жидкости от распыляющих устройств, исходя из продолжительности их работ.

A.2.6 Интенсивность испарения W определяется по справочным и экспериментальным данным. При отсутствии данных для ненагретых ЛВЖ допускается рассчитывать W по следующим формулам:

при испарении с открытой поверхности жидкости в неподвижную и подвижную среду

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}}, \quad (\text{A.8})$$

где h – коэффициент, принимаемый по таблице A.1 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;

M – молярная масса горючего, кг·кмоль⁻¹;

$P_{\text{н}}$ – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости t_p , определяемое по справочным данным в соответствии с требованиями пункта 4.3, кПа, или по формуле (A.12);

при испарении с открытой поверхности жидкости в неподвижную среду

$$W = 1,155 \cdot \varphi_s \cdot \rho_n \cdot \sqrt{\frac{D_t}{(1 - \varphi_s) \cdot T}}, \quad (A.9)$$

где φ_s – объемная доля насыщенных паров испаряемого вещества;

ρ_n – плотность газа или пара при расчетной температуре t_p , кг·м⁻³, вычисляемая по формуле (3);

D_t – коэффициент диффузии паров при температуре паровоздушной смеси, м²·с;

при испарении с открытой поверхности жидкости в движущуюся среду

$$W = P_n \cdot M \cdot (0,734 + 1,637 \cdot u) \cdot 10^{-9}, \quad (A.10)$$

где u – скорость воздушного потока в помещении, м·с⁻¹.

Таблица А.1 – Значение коэффициента h при различной скорости воздушного потока в помещении

Скорость воздушного потока в помещении, м/с	Значение коэффициента h при температуре t , °С, воздуха в помещении					
	10	15	20	30	35	37
0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3	2,3
0,3	5,3	4,5	4,1	2,8	2,6	2,6
0,4	6,0	5,1	4,7	3,2	2,9	2,8
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2	3,1
0,6	7,3	6,3	5,9	4,0	3,5	3,4
0,7	7,9	6,9	6,4	4,4	3,8	3,7
0,8	8,6	7,5	6,8	4,8	4,1	4,0
0,9	9,3	8,1	7,3	5,2	4,4	4,3
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6	4,4

Примечания:

1 Скорость воздушного потока следует определять экспериментально либо расчетом.

2 При промежуточных значениях скорости воздушного потока и (или) температуры воздуха в помещении значение коэффициента h определяется методом интерполяции.

3 При отсутствии экспериментальных либо расчетных данных скорость воздушного потока следует принимать равной: 1 м/с – при наличии в помещении аварийной вентиляции, 0 м/с – при ее отсутствии.

А.2.7 Скорость воздушного потока в помещении определяется с учетом кратности аварийной вентиляции и вентиляции с искусственным побуждением.

Скорость воздушного потока в помещении (u , м/с) может быть определена по формуле

$$u = A \cdot I_b, \quad (A.11)$$

где A – кратность воздухообмена, создаваемого вентиляцией, с⁻¹;

I_b – длина помещения, м.

А.2.8 Давление насыщенных паров ЛВЖ и ГЖ может быть определено по формуле

$$P_n = 10^{\frac{A \cdot B}{C_a + t}}, \quad (A.12)$$

где A , B , C_a – константы уравнения Антуана.

А.2.9 При определении значения массы m допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности (согласно ПУЭ), при условии размещения вытяжных устройств для удаления поступающих в помещение газов и паров с учетом требований [2].

При этом массу паров ЛВЖ или ГЖ, нагретых до температуры вспышки и выше, поступивших в объем помещения, следует разделить на коэффициент K , определяемый по формуле

$$K = A \cdot T + 1, \quad (A.13)$$

где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, с⁻¹;

T – продолжительность поступления паров ЛВЖ и ГЖ в объем помещения, с (принимается по пункту А.1.2).

А.3 Определение расчетной массы горючей пыли, которая может образовывать взрывоопасные пылевоздушные смеси

А.3.1 Количество пыли, которое может образовать взрывоопасную смесь, определяется из следующих предпосылок

А.3.1.1 Расчетной аварии предшествовало пыленакопление в производственном помещении, происходящее в условиях нормального режима работы (например, вследствие пылевыделения из негерметичного производственного оборудования), между плановыми уборками пыли, определяемое экспериментально технологами. При отсутствии экспериментальных данных технологов допускается принимать пыленакопление, равное 5 % от расчетного количества пыли, выделившейся из технологического оборудования при аварии.

А.3.1.2 В момент расчетной аварии произошла плановая (ремонтные работы) или внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов согласно пункту А.1.1, за которой последовал аварийный выброс в помещение всей находившейся в аппарате пыли.

А.3.2 Расчетная масса взвешенной в объеме помещения пыли m , кг, образовавшейся в результате аварийной ситуации, определяется по формуле

$$m = m_{вз} + m_{ав}, \quad (A.14)$$

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

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

А.3.3 Расчетная масса взвихрившейся пыли $m_{вз}$ определяется по формуле

$$m_{вз} = K_{вз} \cdot m_n, \quad (A.15)$$

где $K_{вз}$ – доля отложившейся в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. При отсутствии экспериментальных сведений о величине $K_{вз}$ допускается принимать $K_{вз} = 0,9$;

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

А.3.4 Расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации $m_{ав}$, определяется по формуле

$$m_{ав} = (m_{ап} + q \cdot T) \cdot K_n, \quad (A.16)$$

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

q – производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, кг·с⁻¹;

T – время отключения, определяемое по пункту А.1.2, с;

K_n – коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. При отсутствии экспериментальных сведений о величине K_n полагать:

для пылей с дисперсностью 350 мкм и более – $K_n = 0,5$;

для пылей с дисперсностью менее 350 мкм – $K_n = 1$.

Величина $m_{ап}$ принимается в соответствии с пунктами А.1.1 и А.3.1.

А.3.5 Масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии m_n определяется по формуле

$$m_n = \frac{K_r}{K_y} \cdot (m_1 + m_2), \quad (A.17)$$

где K_r – доля горючей пыли в общей массе отложений пыли. При отсутствии данных в технологическом регламенте производства $K_r = 1$;

K_y – коэффициент эффективности пылеуборки; принимается:

при ручной пылеуборке:

сухой – 0,6;

влажной – 0,7;

при механизированной вакуумной уборке:

пол ровный – 0,9;

пол с выбоинами (до 5 % площади) – 0,7;

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

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

А.3.6 Масса пыли m_i ($i = 1, 2$), оседающей на различных поверхностях в помещении за межуборочный период, определяется по формуле

$$m_i = M_i \cdot (1 - \alpha) \cdot \beta_i \quad (i = 1, 2), \quad (\text{A.18})$$

где $M_1 = \sum_j M_{1j}$ – масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за j -й период времени между генеральными пылеуборками, кг;

M_{1j} – масса пыли, выделяющаяся единицей пылящего оборудования за указанный период, кг;

$M_2 = \sum_j M_{2j}$ – масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за j -й период времени между текущими пылеуборками, кг;

M_{2j} – масса пыли, выделяющаяся единицей пылящего оборудования за указанный период, кг;

α – доля выделяющейся в объем помещения пыли, которая удаляется вытяжными вентиляционными системами. При отсутствии сведений о величине α полагают $\alpha = 0$;

β_1, β_2 – доли выделяющейся в объем помещения пыли, оседающей соответственно на труднодоступных и доступных для уборки поверхностях помещения ($\beta_1 + \beta_2 = 1$). При отсутствии сведений о величине коэффициентов β_1 и β_2 допускается полагать $\beta_1 = 1, \beta_2 = 0$.

А.3.7 Величина M_i ($i = 1, 2$) может быть также определена экспериментально (или по аналогии с действующими образцами производств) в период максимальной загрузки оборудования по формуле

$$M_i = \sum_j (G_{1j} F_{1j}) \tau_1, \quad (\text{A.19})$$

где G_{1j}, G_{2j} – интенсивность пылеотложений соответственно на труднодоступных F_{1j} (м^2) и доступных F_{2j} (м^2) площадях, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$;

τ_1, τ_2 – промежуток времени соответственно между генеральными и текущими пылеуборками, с.

Приложение Б (обязательное)

Расчетное определение значения коэффициента Z участия горючих газов и паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей во взрыве

Материалы настоящего приложения применяются для случая

$$C_{\text{ср}} = 100 \cdot m / (\rho_{\text{г.п.}} \cdot V_{\text{СВ}}) < 0,5 \cdot C_{\text{НКПР}}, \quad (\text{Б.1})$$

где $C_{\text{НКПР}}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени газа или пара, % (об.), в помещении в форме прямоугольного параллелепипеда с отношением длины к ширине не более 5.

1. Коэффициент Z участия ГГ и паров ЛВЖ во взрыве при заданном уровне значимости Q ($C > \bar{C}$) рассчитывается по следующим формулам:

$$\text{при } X_{\text{НКПР}} \leq \frac{1}{2} L \text{ и } Y_{\text{НКПР}} \leq \frac{1}{2} S$$

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot \pi}{m} \cdot \rho_{\text{г.п.}} \cdot \left(C_0 + \frac{C_{\text{НКПР}}}{\delta} \right) \cdot X_{\text{НКПР}} \cdot Y_{\text{НКПР}} \cdot Z_{\text{НКПР}}, \quad (\text{Б.2})$$

$$\text{при } X_{\text{НКПР}} > \frac{1}{2} L \text{ и } Y_{\text{НКПР}} > \frac{1}{2} S$$

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{m} \cdot \rho_{\text{г.п.}} \cdot \left(C_0 + \frac{C_{\text{СНКП}}}{\delta} \right) \cdot F \cdot Z_{\text{НКПР}}, \quad (\text{Б.3})$$

где L, S – соответственно длина и ширина помещения, м;

C_0 – предэкспоненциальный множитель, % (об.), равный при отсутствии подвижности воздушной среды для ГГ

$$C_0 = 3,77 \cdot 10^3 \cdot \frac{m}{\rho_{\text{г.п.}} \cdot V_{\text{СВ}}}, \quad (\text{Б.4})$$

при подвижности воздушной среды для ГГ

$$C_0 = 3 \cdot 10^2 \cdot \frac{m}{\rho_{\text{г.п.}} \cdot V_{\text{СВ}} \cdot U}, \quad (\text{Б.5})$$

при отсутствии подвижности воздушной среды для паров ЛВЖ

$$C_0 = C_{\text{н}} \cdot \left(\frac{100 \cdot m}{C_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{г.п.}} \cdot V_{\text{СВ}}} \right)^{0,41}, \quad (\text{Б.6})$$

при подвижности воздушной среды для паров ЛВЖ

$$C_0 = C_{\text{н}} \cdot \left(\frac{100 \cdot m}{C_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{г.п.}} \cdot V_{\text{СВ}}} \right)^{0,46}, \quad (\text{Б.7})$$

где $C_{\text{н}}$ – концентрация насыщенных паров при расчетной температуре t_p , °С, воздуха в помещении, % (об.).

Концентрация $C_{\text{н}}$ может быть найдена по формуле

$$C_{\text{н}} = 100 \cdot \frac{P_{\text{н}}}{P_0}, \quad (\text{Б.8})$$

где $P_{\text{н}}$ – давление насыщенных паров при расчетной температуре (находится из справочной литературы), кПа;

m – масса газа или паров ЛВЖ, поступающих в объем помещения в соответствии с приложением А настоящего технического кодекса, кг;

δ – допустимые отклонения концентраций при задаваемом уровне значимости Q ($C > \bar{C}$), приведенные в таблице настоящего приложения;

ТКП 474-2013

$X_{\text{НКПР}}, Y_{\text{НКПР}}, Z_{\text{НКПР}}$ – соответственно расстояния по осям X, Y и Z от источника поступления газа или по формулам пара, ограниченные нижним концентрационным пределом распространения пламени, m (рассчитываются по формулам (Б.10–Б.12) настоящего приложения);

F – площадь пола помещения, m^2 ;

U – подвижность воздушной среды, $m \cdot c^{-1}$;

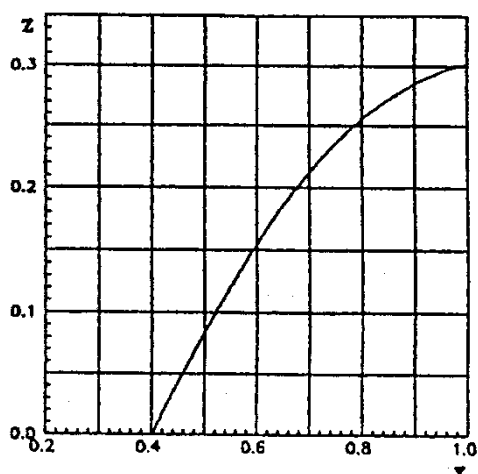
P_0 – атмосферное давление, равное 101 кПа.

Таблица Б.1 – Значения допустимых отклонений δ концентраций при уровне значимости $Q (C > \bar{C})$

Характер распределения концентраций	$Q (C > \bar{C})$	δ
Для ГГ при отсутствии подвижности воздушной среды	0,1	1,29
	0,05	1,38
	0,01	1,53
	0,003	1,63
	0,001	1,70
Для ГГ при подвижности воздушной среды	0,000001	2,04
	0,1	1,29
	0,05	1,37
	0,01	1,52
	0,003	1,62
Для паров ЛВЖ при отсутствии подвижности воздушной среды	0,000001	2,03
	0,1	1,19
	0,05	1,25
	0,01	1,35
	0,003	1,41
Для паров ЛВЖ при подвижности воздушной среды	0,000001	1,68
	0,1	1,21
	0,05	1,27
	0,01	1,38
	0,003	1,45
	0,001	1,51
	0,000001	1,75

Величина уровня значимости $Q (C > \bar{C})$ выбирается исходя из особенностей технологического процесса. Допускается принимать $Q (C > \bar{C})$ равным 0,05.

2. Величина коэффициента Z участия паров ЛВЖ и ГЖ во взрыве может быть определена по номограмме, приведенной на чертеже.



Значения X определяются по формуле

$$X = \begin{cases} C_H/C^*, & \text{если } C_H \leq C^* \\ 1, & \text{если } C_H > C^* \end{cases} \quad (\text{Б.9})$$

где C^* – величина, задаваемая соотношением

$$C^* = \varphi \cdot C_{ст}, \quad (\text{Б.10})$$

где φ – эффективный коэффициент избытка горючего, принимаемый равным 1,9.

3. Расстояния $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$, $Z_{НКПР}$ рассчитываются по следующим формулам:

$$X_{НКПР} = K_1 \cdot L \cdot \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot C_0}{C_{НКПР}} \right)^{0,5}, \quad (\text{Б.11})$$

$$Y_{НКПР} = K_1 \cdot S \cdot \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot C_0}{C_{НКПР}} \right)^{0,5}, \quad (\text{Б.12})$$

$$Z_{НКПР} = K_3 \cdot H \cdot \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot C_0}{C_{НКПР}} \right)^{0,5}, \quad (\text{Б.13})$$

где K_1 – коэффициент, принимаемый равным 1,1314 для ГГ и 1,1958 – для ЛВЖ;

K_2 – коэффициент, принимаемый равным 1 для ГГ и $K_2 = \frac{T}{3600}$ – для ЛВЖ;

K_3 – коэффициент, принимаемый равным 0,0253 для ГГ при отсутствии подвижности воздушной среды;

0,02828 – для ГГ при подвижности воздушной среды;

0,04714 – для ЛВЖ при отсутствии подвижности воздушной среды;

0,3536 – для ЛВЖ при подвижности воздушной среды;

H – высота помещения, м.

При отрицательных значениях логарифмов расстояния $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ принимаются равными 0.

При невыполнении условия Б.1 значения коэффициента Z участия горючих газов и паров ненагретых ЛВЖ во взрыве допускается определять по таблице Б.2.

Таблица Б.2 – Значения коэффициента Z участия горючих газов и паров ненагретых ЛВЖ во взрыве

Вид горючего вещества	Значение Z
Водород	1
ГГ (кроме водорода)	0,5
ЛВЖ и ГЖ, нагретые до температуры вспышки и выше	0,3
ЛВЖ и ГЖ, нагретые ниже температуры вспышки, при наличии возможности образования аэрозоля	0,3
ЛВЖ и ГЖ, нагретые ниже температуры вспышки, при отсутствии возможности образования аэрозоля	0

Приложение В (обязательное)

Методы расчета значений критериев пожарной опасности наружных установок

В.1 Методы расчета значений критериев пожарной опасности для горючих газов и паров

Выбор и обоснование расчетного варианта

В.1.1 Выбор расчетного варианта следует осуществлять с учетом вероятности реализации и последствий тех или иных аварийных ситуаций. В качестве расчетного для вычисления критериев пожарной опасности для горючих газов и паров следует принимать вариант аварии, для которого произведение вероятности реализации этого варианта Q_w и расчетного избыточного давления ΔP при сгорании газопаровоздушных смесей в случае реализации указанного варианта максимально, т.е.

$$G = Q_w \Delta P = \max. \quad (\text{В.1})$$

Расчет величины G производится следующим образом:

рассматриваются различные варианты аварии и определяются из статистических данных или на основе ГОСТ 12.1.004 вероятности аварий со сгоранием газопаровоздушных смесей Q_{wi} для этих вариантов;

для каждого из рассматриваемых вариантов определяются по изложенной ниже методике значения расчетного избыточного давления ΔP_i ;

вычисляются величины $G_i = Q_{wi} \Delta P_i$ для каждого из рассматриваемых вариантов аварии, среди которых выбирается вариант с наибольшим значением G_i ;

в качестве расчетного для определения критериев пожарной опасности принимается вариант, в котором величина G_i максимальна. При этом количество горючих газов и паров, вышедших в атмосферу, рассчитывается исходя из рассматриваемого сценария аварии с учетом пунктов В.1.3–В.1.8.

В.1.2 При невозможности реализации описанного выше метода в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором в образовании горючих газопаровоздушных смесей участвует наибольшее количество горючих газов и паров, наиболее опасных в отношении последствий сгорания этих смесей. В этом случае количество газов и паров, вышедших в атмосферу, рассчитывается в соответствии с пунктами В.1.3–В.1.8.

В.1.3 Количество поступивших веществ, которые могут образовывать газопаровоздушные смеси, определяется исходя из следующих предпосылок.

В.1.3.1 Происходит расчетная авария одного из аппаратов согласно пункту В.1.1 или В.1.2 (в зависимости от того, какой из подходов к определению расчетного варианта аварии принят за основу).

В.1.3.2 Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство.

В.1.3.3 Происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потоку 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 в соответствии с пунктом А.2.1.

В.1.3.4 Происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости. Площадь испарения при разливе на горизонтальную поверхность определяется (при отсутствии справочных или иных экспериментальных данных) исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70 % и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,10 м², а остальных жидкостей – на 0,15 м².

В.1.3.5 Происходит также испарение жидкостей из емкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом жидкости, и со свежеекрашенных поверхностей.

В.1.3.6 Длительность испарения жидкости принимается равной времени ее полного испарения, но не более 3600 с.

В.1.4 Масса газа m , кг, поступившего в окружающее пространство при расчетной аварии, определяется по формуле

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_f, \quad (\text{В.2})$$

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

V_T – объем газа, вышедшего из трубопровода, м³;

$\rho_{\text{г}}$ – плотность газа, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$.

При этом

$$V_{\text{а}} = 0,01 \cdot P_1 \cdot V, \quad (\text{В.3})$$

где P_1 – давление в аппарате, кПа;
 V – объем аппарата, м^3 .

$$V_{\text{т}} = V_{1\text{т}} + V_{2\text{т}}, \quad (\text{В.4})$$

где $V_{1\text{т}}$ – объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м^3 ;
 $V_{2\text{т}}$ – объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м^3 .

$$V_{1\text{т}} = q \cdot T, \quad (\text{В.5})$$

где q – расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и других параметров, $\text{м}^3\cdot\text{с}^{-1}$;
 T – время, определяемое по пункту В.1.3, с.

$$V_{2\text{т}} = 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot (r_1^2 \cdot L_1 + r_2^2 \cdot L_2 + \mathbf{K} + r_n^2 \cdot L_n), \quad (\text{В.6})$$

где P_2 – максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа;
 r – внутренний радиус трубопроводов, м;
 L – длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

В.1.5 Массу паров жидкости m , поступивших в окружающее пространство, определяют из выражения

$$m = W \cdot F_{\text{и}} \cdot T, \quad (\text{В.7})$$

где W – интенсивность испарения, $\text{кг}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{м}^{-2}$;
 $F_{\text{и}}$ – площадь испарения, определяемая в соответствии с пунктом В.1.3.4 в зависимости от массы жидкости $m_{\text{п}}$, вышедшей в окружающее пространство, м^2 ;
 T – продолжительность поступления паров ЛВЖ и ГЖ в окружающее пространство согласно пункту В.1.3, с.

При необходимости учета массы паров перегретой жидкости, ее величину $m_{\text{пер}}$ определяют по формуле (при $T_{\text{а}} > T_{\text{кип}}$)

$$m_{\text{пер}} = \min \left\{ 0,8 \cdot m_{\text{п}}; \frac{2 \cdot C_{\text{р}} \cdot (T_{\text{а}} - T_{\text{кип}})}{L_{\text{исп}}} \cdot m_{\text{п}} \right\}, \quad (\text{В.8})$$

где $m_{\text{п}}$ – масса вышедшей перегретой жидкости, кг;
 $C_{\text{р}}$ – удельная теплоемкость жидкости при температуре перегрева жидкости $T_{\text{а}}$, $\text{Дж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$;
 $T_{\text{а}}$ – температура перегретой жидкости в соответствии с технологическим регламентом в технологическом аппарате или оборудовании, К;
 $T_{\text{кип}}$ – нормальная температура кипения жидкости, К;
 $L_{\text{исп}}$ – удельная теплота испарения жидкости при температуре перегрева жидкости $T_{\text{а}}$, $\text{Дж}\cdot\text{кг}^{-1}$.

При отсутствии справочных данных допускается рассчитывать $L_{\text{исп}}$ по формуле

$$L_{\text{исп}} = \frac{19,173 \cdot 10^3 \cdot B \cdot T_{\text{а}}^2}{(T_{\text{а}} + C_{\text{а}} - 273,2)^2 \cdot M}, \quad (\text{В.9})$$

где B , $C_{\text{а}}$ – константы уравнения Антуана, определяемые по справочным данным для давления насыщенных паров, измеряемого в кПа;

$T_{\text{а}}$ – начальная температура нагретой жидкости, К;
 M – молярная масса жидкости, $\text{кг}\cdot\text{к}\cdot\text{моль}^{-1}$.

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

В.1.6 Интенсивность испарения W определяется по справочным и экспериментальным данным. Для ненагретых ЛВЖ при отсутствии данных допускается рассчитывать W по формуле

$$W = 10^{-6} \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}}, \quad (\text{В.10})$$

где M – молярная масса, $\text{г}\cdot\text{моль}^{-1}$;

P_H – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, определяемое по справочным данным в соответствии с пунктом 4.3, кПа, либо расчетным методом в соответствии с пунктом А.2.8.

В.1.7. Для сжиженных углеводородных газов (СУГ) при отсутствии данных допускается рассчитывать удельную массу испарившегося СУГ $m_{\text{СУГ}}$ из пролива, кг·м⁻², по формуле

$$m_{\text{СУГ}} = \frac{M}{L_{\text{исп}}} \cdot (T_0 - T_{\text{ж}}) \cdot \left(2 \cdot I_{\text{ТВ}} \cdot \sqrt{\frac{t}{\pi \cdot \alpha}} + \frac{5,1 \cdot \sqrt{\text{Re}} \cdot I_{\text{ТВ}} \cdot t}{d} \right), \quad (\text{В.11})$$

где M – молярная масса СУГ, кг·кмоль⁻¹;

$L_{\text{исп}}$ – молярная теплота испарения СУГ при начальной температуре СУГ $T_{\text{ж}}$, Дж·моль⁻¹;

T_0 – начальная температура материала, на поверхность которого разливается СУГ, К;

$T_{\text{ж}}$ – начальная температура СУГ, К;

$I_{\text{ТВ}}$ – коэффициент теплопроводности материала, на поверхность которого разливается СУГ, Вт·м⁻¹·К⁻¹;

t – текущее время, с, принимаемое равным времени полного испарения СУГ, но не более 3600 с;

$\alpha = \frac{I_{\text{ТВ}}}{C_{\text{ТВ}} \cdot \rho_{\text{ТВ}}}$ – коэффициент температуропроводности материала, на поверхность которого

разливается СУГ, м²·с⁻¹;

$C_{\text{ТВ}}$ – теплоемкость материала, на поверхность которого разливается СУГ, Дж·кг⁻¹·К⁻¹;

$\rho_{\text{ТВ}}$ – плотность материала, на поверхность которого разливается СУГ, кг·м⁻³;

$\text{Re} = \frac{U \cdot d}{V_{\text{в}}}$ – число Рейнольдса;

U – скорость воздушного потока, м·с⁻¹;

$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{н}}}{\pi}}$ – характерный размер пролива СУГ, м;

$F_{\text{н}}$ – радиус пролива СУГ, м;

$V_{\text{в}}$ – кинематическая вязкость воздуха, м²·с⁻¹;

$I_{\text{ТВ}}$ – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт·м⁻¹·К⁻¹.

Формула (В.11) справедлива для СУГ с температурой $T_{\text{ж}} \leq T_{\text{кип}}$. При температуре СУГ $T_{\text{ж}} > T_{\text{кип}}$ дополнительно рассчитывается масса перегретых СУГ $m_{\text{пер}}$ по формуле (В.8).

Расчет горизонтальных размеров зон, ограничивающих газо- и паровоздушные смеси с концентрацией горючего выше НКПР, при аварийном поступлении горючих газов и паров ненагретых ЛВЖ в открытое пространство

В.1.8 Горизонтальные размеры зоны, м, ограничивающие область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени ($C_{НКПР}$), вычисляются по следующим формулам:

для ГГ

$$R_{НКПР} = 14,5632 \cdot \left(\frac{m_{г}}{\rho_{г} \cdot C_{НКПР}} \right)^{0,333}, \quad (B.12)$$

для паров ненагретых ЛВЖ

$$R_{НКПР} = 3,1501 \cdot \sqrt{K} \cdot \left(\frac{P_{н}}{C_{НКПР}} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{m_{п}}{\rho_{п} \cdot P_{н}} \right)^{0,333}, \quad (B.13)$$

$$\rho_{п} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)}, \quad (B.14)$$

где $m_{г}$ – масса поступивших в открытое пространство ГГ при аварийной ситуации, кг;

$\rho_{г}$ – плотность ГГ при расчетной температуре и атмосферном давлении, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

$C_{НКПР}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени ГГ или паров ЛВЖ, % (об.);

K – коэффициент, принимаемый равным $K = T/3600$ для ЛВЖ;

$P_{н}$ – давление насыщенных паров ЛВЖ при расчетной температуре, кПа;

$m_{п}$ – масса паров ЛВЖ, поступивших в открытое пространство за время полного испарения, но не более 3600 с, кг;

$\rho_{п}$ – плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре и атмосферном давлении, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

M – молярная масса, $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$;

V_0 – мольный объем, равный $22,413 \text{ м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-1}$;

t_p – расчетная температура, °С.

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

В.1.9 За начало отсчета горизонтального размера зоны принимают внешние габаритные размеры аппаратов, установок, трубопроводов и т.п. Во всех случаях значение $R_{НКПР}$ должно быть не менее 0,3 м для ГГ и ЛВЖ.

Расчет избыточного давления и импульса волны давления при сгорании смесей горючих газов и паров с воздухом в открытом пространстве

В.1.10 Исходя из рассматриваемого сценария аварии, определяется масса m , кг, ГГ и/или паров, вышедших в атмосферу из технологического аппарата в соответствии с пунктами В.1.3–В.1.7.

Величину избыточного давления ΔP , кПа, развиваемого при сгорании газопаровоздушных смесей, допускается определять по формуле

$$\Delta P = P_0 \cdot (0,8 \cdot m_{пр}^{0,33}/r + 3 \cdot m_{пр}^{0,66}/r^2 + 5 \cdot m_{пр}/r^3), \quad (B.15)$$

где P_0 – атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

$m_{пр}$ – приведенная масса газа или пара, кг, вычисляется по формуле

$$m_{пр} = (Q_{сг}/Q_0) \cdot m \cdot Z, \quad (B.16)$$

где $Q_{сг}$ – удельная теплота сгорания газа или пара, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$;

Q_0 – константа, равная $4,52 \cdot 10^6 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$;

m – масса ГГ и/или паров, поступивших в результате аварии в окружающее пространство, кг;

Z – коэффициент участия ГГ и паров в горении, который допускается принимать равным 0,1;

r – расстояние от геометрического центра газопаровоздушного облака, м (согласно пункту

В.1.9).

В.1.11 Величину импульса волны давления i , Па·с, вычисляют по формуле

$$i = 123 \cdot m_{пр}^{0,66}/r. \quad (B.17)$$

В.2 Метод расчета значений критериев пожарной опасности для горючих пылей

В.2.1 В качестве расчетного варианта аварии для определения критериев пожарной опасности для горючих пылей следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором в горении пылевоздушной смеси участвует наибольшее количество веществ или материалов, наиболее опасных в отношении последствий такого горения.

В.2.2 Количество поступивших веществ, которые могут образовать горючие пылевоздушные смеси, определяется исходя из предпосылки о том, что в момент расчетной аварии произошла плановая (ремонтные работы) или внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов, за которой последовал аварийный выброс в окружающее пространство находившейся в аппарате пыли.

В.2.3 Расчетная масса пыли, поступившей в окружающее пространство при расчетной аварии, определяется по формуле

$$M = M_{\text{вз}} + M_{\text{ав}}, \quad (\text{В.18})$$

где M – расчетная масса поступившей в окружающее пространство горючей пыли, кг;

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

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

В.2.4 Величина $M_{\text{вз}}$ определяется по формуле

$$M_{\text{вз}} = K_{\text{г}} \cdot K_{\text{вз}} \cdot M_{\text{п}}, \quad (\text{В.19})$$

где $K_{\text{г}}$ – доля горючей пыли в общей массе отложений пыли;

$K_{\text{вз}}$ – доля отложенной при работе аппарата пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. В отсутствие экспериментальных данных о величине $K_{\text{вз}}$ допускается принимать $K_{\text{вз}} = 0,9$;

$M_{\text{п}}$ – масса отложившейся при работе аппарата пыли к моменту аварии, кг.

В.2.5 Величина $M_{\text{ав}}$ определяется по формуле

$$M_{\text{ав}} = (M_{\text{ап}} + q \cdot T) \cdot K_{\text{п}}, \quad (\text{В.20})$$

где $M_{\text{ап}}$ – масса горючей пыли, выбрасываемой в окружающее пространство при разгерметизации технологического аппарата, кг. При отсутствии ограничивающих выброс пыли инженерных устройств следует полагать, что в момент расчетной аварии происходит аварийный выброс в окружающее пространство всей находившейся в аппарате пыли;

q – производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, кг·с⁻¹;

T – расчетное время отключения, с, определяемое в каждом конкретном случае исходя из реальной обстановки. Следует принимать равным времени срабатывания системы автоматики, если вероятность ее отказа не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование ее элементов; 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование ее элементов; 300 с при ручном отключении;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. В отсутствие экспериментальных данных о величине $K_{\text{п}}$ допускается принимать: 0,5 – для пылей с дисперсностью не менее 350 мкм; 1,0 – для пылей с дисперсностью менее 350 мкм.

В.2.6 Избыточное давление ΔP для горючих пылей рассчитывается следующим образом:

а) определяют приведенную массу горючей пыли $m_{\text{пр}}$, кг, по формуле

$$m_{\text{пр}} = M \cdot Z \cdot H_{\text{т}} / H_{\text{т0}}, \quad (\text{В.21})$$

где M – масса горючей пыли, поступившей в результате аварии в окружающее пространство, кг;

Z – коэффициент участия пыли в горении, значение которого допускается принимать равным 0,1. В соответствии с особенностями технологического процесса величина Z может быть снижена, но не менее чем до 0,02;

$H_{\text{т}}$ – теплота сгорания пыли, Дж·кг⁻¹;

$H_{\text{т0}}$ – константа, принимаемая равной $4,6 \cdot 10^6$ Дж·кг⁻¹;

б) вычисляют расчетное избыточное давление ΔP , кПа, по формуле

$$\Delta P = P_0 (0,8 \cdot m_{\text{пр}}^{0,33} / r + 3 \cdot m_{\text{пр}}^{0,66} / r^2 + 5 \cdot m_{\text{пр}} / r^3), \quad (\text{В.22})$$

где P_0 – атмосферное давление, кПа;

r – расстояние от центра пылевоздушного облака, м. Допускается отсчитывать величину r от геометрического центра технологической установки.

В.2.7 Величину импульса волны давления i , Па·с, вычисляют по формуле

$$i = 123 \cdot m_{\text{пр}}^{0,66} / r. \quad (\text{В.23})$$

В.3 Метод расчета интенсивности теплового излучения

В.3.1 Интенсивность теплового излучения рассчитывают для двух случаев пожара (или для того из них, который может быть реализован в данной технологической установке):
 пожар проливов ЛВЖ, ГЖ или горение твердых горючих материалов (включая горение пыли);
 «огненный шар».

Если возможна реализация обоих случаев, то при оценке значений критерия пожарной опасности учитывается наибольшая из двух величин интенсивности теплового излучения.

В.3.2 Интенсивность теплового излучения q , кВт·м⁻², для пожара пролива жидкости или при горении твердых материалов вычисляют по формуле

$$q = 5,7 \cdot \varepsilon_{\text{пр}} \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{ф}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{св}}}{100} \right)^4 \right] \cdot j_{1\phi}, \tag{B.24}$$

где 5,7 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м²·К⁴);
 $\varepsilon_{\text{пр}}$ – приведенная степень черноты системы;

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \left(\frac{1}{\varepsilon_{\text{ф}}} + \frac{1}{\varepsilon_{\text{в}}} - 1 \right)^{-1}, \tag{B.25}$$

где $\varepsilon_{\text{ф}}$ – степень черноты факела (при горении древесины равна 0,7; нефтепродуктов – 0,85);
 $\varepsilon_{\text{в}}$ – степень черноты облучаемого вещества (для древесины может быть принята равной 0,9);
 $T_{\text{ф}}$ – температура факела пламени, К;
 $T_{\text{св}}$ – температура горючего вещества, К;
 $\varphi_{1\phi}$ – коэффициент облученности между излучающей и облучаемой поверхностями.

Коэффициент облученности между излучающей и облучаемой поверхностями вычисляется по формуле (для $r \geq a$ и $r \geq b$)

$$j_{1\phi} = \frac{2}{\pi} \cdot \left(\frac{a}{\sqrt{a^2 + r^2}} \cdot \arctg \frac{b}{\sqrt{a^2 + r^2}} + \frac{b}{\sqrt{b^2 + r^2}} \cdot \arctg \frac{a}{\sqrt{b^2 + r^2}} \right), \tag{B.26}$$

где $a = H/2$;
 $b = d/2$;
 r – расстояние между излучающей и облучаемой поверхностями.

Таблица В.1 – Значения удельной и массовой скорости выгорания и температуры горения

Топливо	m , кг/(м ² ·с)	Температура горения, К
СПГ (метан)	0,08	1500
СУГ (пропан- бутан)	0,1	1500
Бензин	0,06	1200
Дизтопливо	0,04	1200
Нефть	0,04	1200
Древесина	0,02	1300

Эффективный диаметр пролива d , м, рассчитывается по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \tag{B.27}$$

где F – площадь пролива, м².

Высота пламени H , м, вычисляется по формуле

$$H = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m}{\rho_{\text{в}} \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61}, \tag{B.28}$$

где m – удельная массовая скорость выгорания топлива, кг·м⁻²·с⁻¹;
 $\rho_{\text{в}}$ – плотность окружающего воздуха, кг·м⁻³;
 $g = 9,81$ – ускорение свободного падения, м·с⁻².

В.3.3 Интенсивность теплового излучения q , кВт·м⁻², для «огненного шара» допускается вычислять по формуле

$$q = 5,7 \cdot \varepsilon_{\text{пр}} \cdot \left[\left(\frac{T_r}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{св}}}{100} \right)^4 \right] \cdot j_{1\phi}, \quad (\text{B.29})$$

где 5,7 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м²·К⁴);

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – приведенная степень черноты системы;

T_r – температура горения «огненного шара», К (допускается принимать 1500 К);

$T_{\text{св}}$ – температура облучаемого вещества, К;

$j_{1\phi}$ – коэффициент облученности между излучающей и облучаемой поверхностями.

Коэффициент облученности между излучающей и облучаемой поверхностями вычисляется по формуле (для $r_2 \geq r_1$)

$$j_{1\phi} = \frac{r_1}{r_2} \cdot \left(\arctg \frac{r_1}{\sqrt{r_2^2 + r_1^2}} \right), \quad (\text{B.30})$$

где r_1 – радиус «огненного шара», м;

r_2 – расстояние от облучаемого объекта до центра «огненного шара», м.

Радиус «огненного шара» определяется по формуле

$$r_1 = 2,665 \cdot m^{0,327}, \quad (\text{B.31})$$

где m – масса горючего вещества, кг.

Время существования «огненного шара» t_s , с, определяют по формуле

$$t_s = 0,92 \cdot m^{0,303}. \quad (\text{B.32})$$

В.4 Метод оценки индивидуального риска

В.4.1 Настоящий метод применим для расчета величины индивидуального риска (далее – риска) на наружных установках при возникновении таких поражающих факторов, как избыточное давление, развиваемое при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей, и тепловое излучение при сгорании веществ и материалов.

В.4.2 Величину индивидуального риска R_b при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей рассчитывают по формуле

$$R_b = \sum_{i=1}^n Q_{b i} \cdot Q_{\text{вп } i}, \quad (\text{B.33})$$

где $Q_{b i}$ – вероятность возникновения i -й аварии с горением газо-, паро- или пылевоздушной смеси на рассматриваемой наружной установке, год⁻¹;

$Q_{\text{вп } i}$ – условная вероятность поражения человека, находящегося на заданном расстоянии от наружной установки, избыточным давлением при реализации указанной аварии i -го типа;

n – количество типов рассматриваемых аварий.

Значения $Q_{b i}$ определяют из статистических данных или на основе ГОСТ 12.1.004.

В формуле (B.32) допускается учитывать только одну наиболее неблагоприятную аварию, величина Q_b для которой принимается равной вероятности возникновения пожара с горением газо-, паро- или пылевоздушных смесей на наружной установке по ГОСТ 12.1.004, а значение $Q_{\text{вп}}$ вычислять исходя из массы горючих веществ, вышедших в атмосферу, в соответствии с пунктами В.1.2–В.1.7.

В.4.3 Величину индивидуального риска R_n при возможном сгорании веществ и материалов, указанных в таблице 1 для категории В_н, рассчитывают по формуле

$$R_n = \sum_{i=1}^n Q_{fi} \cdot Q_{fn i}, \quad (\text{B.34})$$

где Q_{fi} – вероятность возникновения пожара на рассматриваемой наружной установке в случае аварии i -го типа, год⁻¹;

$Q_{fn i}$ – условная вероятность поражения человека, находящегося на заданном расстоянии от наружной установки, тепловым излучением при реализации аварии i -го типа;

n – количество типов рассматриваемых аварий.

Значения Q_{fi} определяют из статистических данных или на основе ГОСТ 12.1.004.

В формуле (В.33) допускается учитывать только одну наиболее неблагоприятную аварию, величина Q_f для которой принимается равной вероятности возникновения пожара на наружной установке по ГОСТ 12.1.004, а значение Q_{fn} вычислять исходя из массы горючих веществ, вышедших в атмосферу, в соответствии с пунктами В.1.2–В.1.7.

В.4.4 Условную вероятность $Q_{впi}$ поражения человека избыточным давлением при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей на расстоянии r от эпицентра определяют следующим образом: вычисляют избыточное давление ΔP и импульс i по методам, описанным в разделе В.1 или В.2; исходя из значений ΔP и i , вычисляют величину «пробит»-функции P_r .

«Пробит»-функцию P_r допускается вычислять по формуле

$$P_r = 5 - 0,26 \cdot \ln(V), \tag{В.35}$$

$$V = \left(\frac{17500}{\Delta P} \right)^{8,4} + \left(\frac{290}{i} \right)^{9,3}, \tag{В.36}$$

где ΔP – избыточное давление, Па;
 i – импульс волны давления, Па·с.

С помощью таблицы В2 определяют условную вероятность поражения человека. Например, при значении $P_r = 2,95$ значение $Q_{вп} = 2 \% = 0,02$, а при $P_r = 8,09$ значение $Q_{вп} = 99,9 \% = 0,999$.

Таблица В.2 – Условная вероятность Q_{ni} поражения человека тепловым излучением

Условная вероятность поражения, %	Величина P_r									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	–	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,90	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
–	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

В.4.5. Условную вероятность поражения человека тепловым излучением Q_{fni} определяют следующим образом:

а) рассчитывают величину P_r по формуле

$$P_r = - 14,9 + 2,56 \cdot \ln(t q^{1,33}), \tag{В.37}$$

где t – эффективное время экспозиции, с;

q – интенсивность теплового излучения, кВт·м⁻², определяемая в соответствии с пунктом В.3.

Величину t находят:

1) для пожаров проливов ЛВЖ, ГЖ и твердых материалов по формуле

$$t = t_0 + x/v, \tag{В.38}$$

где t_0 – характерное время обнаружения пожара, с (допускается принимать $t = 5$ с);

x – расстояние от места расположения человека до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает 4 кВт·м⁻², м;

v – скорость движения человека, м·с⁻¹ (допускается принимать $v = 5$ м·с⁻¹).

2) для воздействия «огненного шара» – в соответствии с пунктом В.3.3;

б) с помощью таблицы В2 определяют условную вероятность Q_{ni} поражения человека тепловым излучением.

В.4.6. Если для рассматриваемой технологической установки возможен как пожар пролива, так и «огненный шар», то в формуле (В.34) должны быть учтены оба указанных выше типа аварии.

Приложение Г
(обязательное)

**Структура расчета категории помещений и зданий
по взрывопожарной и пожарной опасности**

Г.1 Структура расчета категории помещения с ГГ, ЛВЖ и ГЖ

1. Исходные данные.
2. Обоснование расчетного варианта наиболее неблагоприятного в отношении взрыва периода.
3. Расчет массы ГГ, ЛВЖ и ГЖ, которые могут образовывать взрывоопасные газо- и паровоздушные смеси в помещении.
4. Определение коэффициента участия горючего во взрыве Z .
5. Расчет избыточного давления взрыва ΔP в помещении.
6. Вывод о категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно техническому кодексу.

Г.2 Структура расчета категории помещения с горючей пылью

1. Исходные данные.
2. Обоснование расчетного варианта наиболее неблагоприятного в отношении взрыва периода.
3. Расчет массы горючей пыли, которая может образовывать взрывоопасную пылевоздушную смесь в помещении.
4. Расчет избыточного давления взрыва ΔP в помещении.
5. Вывод о категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно техническому кодексу.

Г.3 Структура расчета категории помещения с ГЖ и ТГМ

1. Исходные данные.
2. Схема размещения пожарной нагрузки в помещении.
3. Расчет пожарной нагрузки и удельной пожарной нагрузки на участках.
4. Проверка условий размещения пожарной нагрузки в помещении.
5. Вывод о категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно техническому кодексу.

Г.4 Структура расчета категории здания по взрывопожарной и пожарной опасности

1. Исходные данные.
2. Таблица с указанием категорий помещений, их площади, наличия установок автоматического пожаротушения.
3. Определение процентного соотношения площадей помещений соответствующих категорий.
4. Проверка ограничений по максимальной площади помещений соответствующих категорий с учетом их оборудования автоматическими установками пожаротушения.
5. Вывод о категории здания по взрывопожарной и пожарной опасности согласно техническому кодексу.

Г.5 Структура расчета категории наружных установок с ГГ, горючей пылью, ЛВЖ и ГЖ

1. Исходные данные.
2. Обоснование расчетного варианта наиболее неблагоприятного в отношении взрыва периода.
3. Расчет массы ГГ, горючей пыли, ЛВЖ и ГЖ, вышедших в атмосферу при расчетной аварии.
4. Расчет горизонтальных размеров зоны, м, ограничивающей газо-, пыле- и паровоздушные смеси с концентрацией горючего выше НКПР.
5. Расчет избыточного давления взрыва ΔP в открытом пространстве.
6. Определение величины индивидуального риска.
7. Определение интенсивности теплового излучения от очага пожара на расстоянии 30 м.
8. Вывод о категории наружной установки по взрывопожарной и пожарной опасности согласно техническому кодексу.

Приложение Д (справочное)

Примеры определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

Пример Д.1

1. Исходные данные

Пост диагностики автотранспортного предприятия для грузовых автомобилей, работающих на сжатом природном газе. Объем помещения $V_{п}$, равный 300 м^3 ($10 \times 10 \times 3 \text{ м}$). Свободный объем помещения $V_{св}$ составляет 240 м^3 . Объем баллона V со сжатым природным газом составляет 50 л ($0,05 \text{ м}^3$). Давление в баллоне P_1 принимаем равным 208 кПа .

Основной компонент сжатого природного газа – метан (98 % (об.)). Молярная масса метана M составляет $16,04 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$. Максимальное давления взрыва принимается равным 706 кПа .

За расчетную температуру принимается максимальная абсолютная температура воздуха в данном районе (Брест) согласно [3] $t_p = 37 \text{ }^\circ\text{C}$.

Аварийная вентиляция в помещении не предусмотрена.

2. Обоснование расчетного варианта наиболее неблагоприятного в отношении взрыва периода

При расчете значений критериев взрывопожарной опасности в качестве расчетного выбираем наиболее неблагоприятный вариант аварии, при котором во взрыве участвует наибольшее количество веществ или материалов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва. В качестве расчетного варианта аварии принимается разгерметизация одного баллона со сжатым природным газом и поступление его в объем помещения.

3. Расчет массы ГГ, которые могут образовывать взрывоопасные газоздушные смеси в помещении

Плотность метана при t_p , равной $37 \text{ }^\circ\text{C}$, составит

$$\rho_T = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)} = \frac{16,04}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 37)} = 0,63 \text{ кг/м}^3,$$

Определяем объем газа, вышедшего из аппарата

$$V_a = 0,01 \cdot P_1 \cdot V = 0,01 \cdot 208 \cdot 0,05 = 0,104 \text{ м}^3,$$

$$m = V_a \cdot \rho_T = 0,104 \cdot 0,63 = 0,065 \text{ кг}.$$

4. Определение коэффициента участия горючего газа во взрыве Z проводим в соответствии с приложением Б

Средняя концентрация метана в помещении $C_{ср}$ составит:

$$C_{ср} = \frac{100 \cdot 0,065}{0,63 \cdot 240} = 0,043 \text{ \% (об.)}.$$

$$C_{ср} = 0,043 \text{ \% (об.)} < 0,5 \cdot C_{НКПР} = 0,5 \cdot 5,28 = 1,53 \text{ \% (об.)}.$$

Так как условие выполняется, помещение имеет форму прямоугольного параллелепипеда с отношением длины к ширине не более 5, значение коэффициента участия метана во взрыве Z необходимо определять расчетным методом согласно приложению Б настоящего технического кодекса.

Определяем предэкспоненциальный множитель, равный при отсутствии подвижности воздушной среды для ГГ

$$C_0 = 3,77 \cdot 10^3 \cdot \frac{m}{\rho_T \cdot V_{св}} = 3,77 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,065}{0,63 \cdot 240} = 1,62 \text{ \% (об.)},$$

Определяем расстояния $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$, $Z_{НКПР}$

$$X_{НКПР} = K_1 \cdot L \cdot \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot C_0}{C_{НКПР}} \right)^{0,5} = 1,1314 \cdot 10 \cdot \left(1 \cdot \ln \frac{1,38 \cdot 1,62}{5,28} \right)^{0,5},$$

$$Y_{\text{НКПР}} = K_1 \cdot S \cdot \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot C_0}{C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,5} = 1,1314 \cdot 10 \cdot \left(1 \cdot \ln \frac{1,38 \cdot 1,62}{5,28} \right)^{0,5},$$

$$Z_{\text{НКПР}} = K_3 \cdot H \cdot \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot C_0}{C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,5} = 0,0253 \cdot 3 \cdot \left(1 \cdot \ln \frac{1,38 \cdot 1,62}{5,28} \right)^{0,5},$$

Так как при расчетах расстояний $X_{\text{НКПР}}$, $Y_{\text{НКПР}}$ и $Z_{\text{НКПР}}$ получаются отрицательные значения логарифмов, расстояния принимаются равными 0.

Определяем коэффициент Z участка ГГ во взрыве при заданном уровне значимости Q ($C > \bar{C}$)

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot \pi}{m} \cdot \rho_{\text{г.п.}} \cdot \left(C_0 + \frac{C_{\text{НКПР}}}{\delta} \right) \cdot X_{\text{НКПР}} \cdot Y_{\text{НКПР}} \cdot Z_{\text{НКПР}} = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14}{0,065} \cdot 0,63 \cdot \left(1,62 + \frac{5,28}{1,38} \right) \cdot 0 \cdot 0 \cdot 0 = 0.$$

5. Расчет избыточного давления взрыва ΔP в помещении

$$\Delta P = (P_{\text{max}} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{г.п.}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{k_{\text{H}}} = (706 - 101) \cdot \frac{0,065 \cdot 0 \cdot 100}{240 \cdot 0,63 \cdot 9,36 \cdot 3} = 0.$$

6. Вывод о категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно настоящему техническому кодексу

Так как расчетное избыточное давление взрыва в помещении не превышает 5 кПа, помещение не относится к категории А.

Определяем отнесение помещения к пожароопасной категории. Определение пожароопасной категории помещения осуществляется путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в таблице 2 настоящего технического кодекса.

7. Исходные данные

В здании поста диагностики автотранспортного предприятия может находиться один грузовой автомобиль. Основную пожарную нагрузку автомобиля составляют резина, топливо, смазочные масла, искусственные полимерные материалы. Среднее значение количества этих материалов для грузового автомобиля следующее: резина – 118,4 кг, дизельное топливо – 120 кг, смазочные масла – 18 кг, пенополиуретан – 4 кг, полиэтилен – 1,8 кг, полихлорвинил – 2,6 кг, картон – 2,5 кг, искусственная кожа – 9 кг. Общая масса горючих материалов 276,3 кг.

Низшая теплота сгорания составляет:

смазочного масла – 41,87 МДж · кг⁻¹,
 резины – 33,52 МДж · кг⁻¹,
 дизельного топлива – 43,59 МДж · кг⁻¹,
 пенополиуретана – 24,3 МДж · кг⁻¹,
 полиэтилена – 47,14 МДж · кг⁻¹,
 полихлорвинила – 14,31 МДж · кг⁻¹,
 картона – 13,4 МДж · кг⁻¹,
 искусственной кожи – 17,76 МДж · кг⁻¹.

8. Расчет пожарной нагрузки и удельной пожарной нагрузки на участках

Пожарная нагрузка будет равна

$$Q = 18 \cdot 41,87 + 118,4 \cdot 33,52 + 120 \cdot 43,59 + 4 \cdot 24,3 + 1,8 \cdot 47,14 + 2,5 \cdot 13,4 + 9 \cdot 17,76 + 2,6 \cdot 14,31 = 10\,365,8 \text{ МДж.}$$

Минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до покрытия H составляет 0,5 м. Площадь размещения пожарной нагрузки $S = 10 \text{ м}^2$. Удельная пожарная нагрузка составит

$$g = Q/S = 10\,365,8/10 = 1036,6 \text{ Мдж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

9. Проверка условий размещения пожарной нагрузки в помещении

В соответствии с таблице 2 помещения с данной удельной пожарной нагрузкой следует отнести к категории ВЗ.

Определим, выполняется ли условие

$$Q \geq 0,64 \cdot g \cdot H^2.$$

После подстановки численных значений получим

$$0,64 \cdot g \cdot H^2 = 0,64 \cdot 1400 \cdot 0,5^2 = 224 \text{ МДж.}$$

10. Вывод о категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно настоящему техническому кодексу.

Так как условие выполняется, помещение относим к категории В2.

Пример Д.2

1. Исходные данные

Помещение складирования ацетона. В помещении хранится десять бочек с ацетоном, каждая объемом по $0,08 \text{ м}^3$. Размеры помещения: длина – 12 м, ширина – 6 м, высота – 6 м. Площадь помещения составляет 72 м^2 . Объем помещения составляет 432 м^3 . Свободный объем помещения равен $345,6 \text{ м}^3$.

Молярная масса ацетона $M = 58,08 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$. Константы уравнения Антуана: $A = 6,37551$; $B = 1281,721$; $C_A = 237,088$. Химическая формула ацетона $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$. Плотность ацетона (жидкости) $\rho_{\text{ж}} = 790,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$. Температура вспышки ацетона $t_{\text{всп}} = -18 \text{ }^\circ\text{C}$.

2. Обоснование расчетного варианта аварии

При определении избыточного давления взрыва в качестве расчетного варианта аварии принимаются разгерметизация одной бочки и разлив ацетона по полу помещения исходя из расчета, что 1 л ацетона разливается на 1 м^2 пола помещения. За расчетную температуру принимается абсолютная температура воздуха в данном районе (г. Могилев) согласно [3] $t_p = 36 \text{ }^\circ\text{C}$.

3. Расчет массы ЛВЖ, которые могут образовывать взрывоопасные паровоздушные смеси в помещении

Для Могилевской области определяем значение плотности паров ацетона при расчетной температуре

$$\rho_{\text{г.п.}} = \frac{58,08}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 36)} = 2,29 \text{ кг/м}^3.$$

Рассчитываем давление насыщенных паров ацетона при расчетной температуре с применением констант Антуана A , B и C_A

$$P_{\text{н}} = 10^{\frac{A - \frac{B}{C_A + t_{\text{ж}}}}{10}} = 10^{\frac{6,37551 - \frac{1281,721}{237,088 + 36}}{10}} = 48,1 \text{ кПа.}$$

Интенсивность испарения W , $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$, определяем по формуле

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{58,08} \cdot 48,1 = 0,367 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2).$$

Расчетная площадь разлива содержимого одной бочки ацетона составляет:

$$F_{\text{и}} = 1 \cdot V_{\text{а}} = 1 \cdot 80 = 80 \text{ м}^2.$$

Поскольку площадь помещения равна 72 м^2 и меньше рассчитанной площади разлива ацетона, то окончательно принимаем площадь разлива равной площади помещения 72 м^2 .

Масса паров ацетона m , поступивших в помещение, рассчитывается по формуле

$$m = W \cdot F_{\text{и}} \cdot T = 0,367 \cdot 10^{-3} \cdot 72 \cdot 3600 = 95,2 \text{ кг.}$$

Масса разлившегося ацетона $m_{\text{п}}$ составляет:

$$m_{\text{п}} = V_{\text{а}} \cdot \rho_{\text{ж}} = 0,08 \cdot 790,8 = 63,26 \text{ кг.}$$

Поэтому принимаем, что при расчетной аварийной ситуации испаряется только масса разлившегося из бочки ацетона, т. е. $m = m_{\text{п}} = 63,264 \text{ кг}$.

4. Определение коэффициента участия горючего во взрыве Z

Средняя концентрация паров ацетона $C_{\text{ср}}$ в помещении составит:

$$C_{\text{ср}} = \frac{100 \cdot 63,264}{2,29 \cdot 345,6} = 7,99 \text{ \% (об.).}$$

$C_{\text{ср}} = 7,99 \text{ \% (об.)} > 0,5 \cdot C_{\text{НКПР}} = 0,5 \cdot 2,7 = 1,35 \text{ \% (об.)}$, следовательно, определить значение коэффициента Z расчетным методом не представляется возможным. Коэффициент Z принимаем по таблице Б.2 приложения Б равным 0,3.

5. Расчет избыточного давления взрыва ΔP в помещении

$$\Delta P = (572 - 101) \cdot \frac{63,264 \cdot 0,3 \cdot 100}{345,6 \cdot 2,29 \cdot 4,91 \cdot 3} = 76,7 \text{ кПа.}$$

6. Вывод о категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно техническому кодексу

Расчетное избыточное давление взрыва превышает 5 кПа, следовательно, помещение складирования ацетона относится к категории А согласно настоящему техническому кодексу.

Пример Д.3

1. Исходные данные

Помещение сушильно-пропиточного отделения электромашинного цеха. В помещении находится два бака для покрытия лаком БТ-99 полюсных катушек способом окунания с подводщими и отводящими трубопроводами. Размеры помещения: длина – 32 м, ширина – 10 м, высота – 8 м. Объем помещения составляет 2560 м³. Свободный объем помещения равен 2048 м³. Площадь помещения составляет 320 м². Объем каждого бака равен 0,5 м³. Степень заполнения бака лаком составляет 90 %. Длина L_1 и диаметр d_1 подводщего (напорного) трубопровода между баком и насосом соответственно равны 10 м и 0,025 м. Длина и диаметр отводящего трубопровода между задвижкой L_2 и баком d_2 соответственно равны 10 м и 0,04 м. Производительность насоса q составляет $6,5 \cdot 10^{-5}$ м³·с⁻¹. Время отключения насоса T_a равна 300 с. В каждый бак попеременно загружается и выгружается одновременно по 10 полюсных катушек, размещаемых в корзине. Открытое зеркало испарения каждого бака $F_{\text{емк}}$ принимаем равным 1,54 м². Общая поверхность 10 свежеокрашенных полюсных катушек $F_{\text{св.окр}}$ составляет 6,28 м².

В лаке БТ-99 в виде растворителей содержится:

46 % (масс.) ксилола;

2 % (масс.) уайт-спирита.

В общей массе растворителей содержится:

$\varphi_1 = 95,83$ % (масс.) ксилола;

$\varphi_2 = 4,17$ % (масс.) уайт-спирита.

Плотность лака БТ-99 $\rho_{\text{ж}} = 953$ кг·м⁻³. Молярная масса ксилола $M = 106,17$ кг·кмоль⁻¹, уайт-спирита 147,3 кг·кмоль⁻¹. Химическая формула ксилола C_8H_{10} , уайт-спирита $C_{10,5}H_{21,0}$. Плотность жидкости ксилола $\rho_{\text{ж}} = 855$ кг·м⁻³, уайт-спирита 760 кг·м⁻³. Температура вспышки ксилола $t_{\text{всп}} = 29^\circ\text{C}$, уайт-спирита 33°C . Нижний концентрационный предел распространения пламени ксилола $C_{\text{НКПР}} = 1,1$ % (об.), уайт-спирита 0,7 % (об.). Теплота сгорания ксилола $H_T = Q_{\text{РН}} = 43154$ кДж·кг⁻¹ = 43,15 МДж·кг⁻¹, уайт-спирита 43966 кДж·кг⁻¹ = 43,97 МДж·кг⁻¹. Константы уравнения Антуана для ксилола $A = 6,17972$; $B = 1478,16$; $C_A = 220,535$; для уайт-спирита $A = 7,13623$; $B = 2218,3$; $C_A = 273,15$.

2. Обоснование расчетного варианта аварии

При определении избыточного давления взрыва в качестве расчетного варианта аварии принимается разгерметизация одного бака с лаком для покрытия полюсных катушек способом окунания и утечка лака из напорного и отводящего трубопроводов при работающем насосе с последующим разливом лака на пол помещения. Происходит испарение ксилола и уайт-спирита с поверхности разлившегося лака, а также с открытой поверхности второго бака и с поверхности выгружаемых покрытых лаком полюсных катушек (10 шт.). За расчетную температуру принимается максимальная абсолютная температура воздуха в данном районе (Гомель) согласно [3] $t_p = 37^\circ\text{C}$.

Плотность паров при t_p равной, 37°C , составит

$$\text{ксилола } \rho_n = \frac{106,17}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 37)} = 4,17 \text{ кг/м}^3,$$

$$\text{уайт-спирита } \rho_n = \frac{147,3}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 37)} = 5,78 \text{ кг/м}^3.$$

Расчетное время отключения трубопроводов и насоса T_a составляет 300 с, длительность испарения T равна 3600 с.

3. Расчет массы ЛВЖ, которые могут образовывать взрывоопасные паровоздушные смеси в помещении

ТКП 474-2013

Определяем объем жидкости, вышедшей из аппарата

$$V_a = \varepsilon \cdot V_{\text{ан}} = 0,9 \cdot 0,5 = 0,45 \text{ м}^3,$$

Определяем объем жидкости, вышедшей из трубопровода до его отключения

$$V_{1T} = q \cdot T = 6,5 \cdot 10^{-5} \cdot 300 = 0,0195 \text{ м}^3,$$

Определяем объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения:

$$V_{2T} = \pi \cdot (r_1^2 \cdot L_1 + r_2^2 \cdot L_2 + K + r_n^2 \cdot L_n) = 3,14 \cdot (0,0125^2 \cdot 10 + 0,02^2 \cdot 10) = 0,017 \text{ м}^3,$$

$$V_{\text{ж}} = V_a + V_{1T} + V_{2T} = 0,45 + 0,0195 + 0,017 = 0,562 \text{ м}^3 = 562 \text{ л},$$

$$F_p = 0,5 \cdot V_{\text{ж}} = 0,5 \cdot 562 = 281 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{исп}} = F_p + F_{\text{емк}} + F_{\text{св.окр}} = 281 + 1,54 + 6,28 = 288,82.$$

Определяем давление насыщенных паров ксилола и уайт-спирита P_H при расчетной температуре t_p , равной 37 °С:

для ксилола

$$P_H = 10^{\frac{A-B}{C_A+t_{\text{ж}}}} = 10^{\frac{6,17972 - \frac{1478,16}{220,535+37}}{}} = 2,755 \text{ кПа},$$

для уайт-спирита

$$P_H = 10^{\frac{A-B}{C_A+t_{\text{ж}}}} = 10^{\frac{7,13623 - \frac{2218,3}{273,15+37}}{}} = 0,964 \text{ кПа}.$$

Интенсивность испарения растворителя W составит:

по ксилолу

$$W = 10^{-6} \cdot h \cdot \sqrt{M} \cdot P_H = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{106,17} \cdot 2,755 = 2,8387 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1};$$

по уайт-спириту

$$W = 10^{-6} \cdot h \cdot \sqrt{M} \cdot P_H = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{147,3} \cdot 0,964 = 1,1700 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}.$$

Определяем массу паров, поступивших в помещение, m по наиболее опасному компоненту – ксилолу

$$m = W \cdot F_{\text{и}} \cdot T = 2,8387 \cdot 10^{-5} \cdot 288,82 \cdot 3600 = 29,52 \text{ кг}.$$

4. Определение коэффициента участия горючего во взрыве Z

Определение коэффициента участия паров растворителя во взрыве Z проводим в соответствии с приложением Б, принимая значения расчетных параметров по веществу, наиболее опасному в отношении последствий взрыва.

Средняя концентрация паров растворителя в помещении $C_{\text{ср}}$ составит

$$C_{\text{ср}} = \frac{100 \cdot 29,52}{4,1706 \cdot 2048} = 0,3 \text{ \% (об.)}.$$

Так как условие выполняется, помещение имеет форму прямоугольного параллелепипеда с отношением длины к ширине не более 5, значение коэффициента участия наиболее опасного вещества во взрыве Z необходимо определять расчетным методом согласно приложению Б настоящего технического кодекса.

Определяем концентрацию насыщенных паров при расчетной температуре воздуха в помещении

$$C_H = 100 \cdot \frac{P_H}{P_0} = 100 \cdot \frac{2,755}{101} = 2,73 \text{ \% (об.)}.$$

Определяем предэкспоненциальный множитель

$$C_0 = C_H \cdot \left(\frac{100 \cdot m}{C_H \cdot \rho_L \cdot V_{св}} \right)^{0,41} = 2,73 \cdot \left(\frac{100 \cdot 29,52}{2,73 \cdot 4,17 \cdot 2048} \right)^{0,41} = 1,17 \% (\text{об.}).$$

Определяем расстояния $X_{\text{НКПР}}$, $Y_{\text{НКПР}}$, $Z_{\text{НКПР}}$

$$X_{\text{НКПР}} = K_1 \cdot L \cdot \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot C_0}{C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,5} = 1,1958 \cdot 32 \cdot \left(1 \cdot \ln \frac{1,25 \cdot 1,17}{0,7} \right)^{0,5} = 32,85,$$

$$Y_{\text{НКПР}} = K_1 \cdot S \cdot \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot C_0}{C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,5} = 1,1958 \cdot 10 \cdot \left(1 \cdot \ln \frac{1,25 \cdot 1,17}{0,7} \right)^{0,5} = 10,26,$$

$$Z_{\text{НКПР}} = K_3 \cdot H \cdot \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot C_0}{C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,5} = 0,04714 \cdot 8 \cdot \left(1 \cdot \ln \frac{1,25 \cdot 1,17}{0,7} \right)^{0,5} = 0,32.$$

Коэффициент Z составит

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{m} \cdot \rho_{\text{г.п.}} \cdot \left(C_0 + \frac{C_{\text{НКПР}}}{\delta} \right) \cdot F \cdot Z_{\text{НКПР}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{29,52} \cdot 4,17 \cdot \left(1,17 + \frac{0,7}{1,25} \right) \cdot 320 \cdot 0,32 = 0,125$$

Значение стехиометрической концентрации $C_{\text{СТ}}$ составит

$$b = 8 + \frac{10}{4} = 10,5$$

для ксилола

$$C_{\text{СТ}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 10,5} = 1,93 \% (\text{об.}),$$

для уайт-спирита

$$\beta = 10,5 + \frac{21}{4} = 15,75$$

$$C_{\text{СТ}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 15,75} = 1,29 \% (\text{об.}).$$

5. Избыточное давление взрыва ΔP составит

$$\Delta P = (P_{\text{max}} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{г.п.}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{СТ}}} \cdot \frac{1}{k_H} = (900 - 101) \cdot \frac{29,52 \cdot 0,125 \cdot 100}{2048 \cdot 4,17 \cdot 1,93 \cdot 3} = 5,96 \text{ кПа.}$$

6. Вывод о категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно техническому кодексу

Расчетное избыточное давление взрыва превышает 5 кПа, следовательно, помещение сушильно-пропиточного отделения электромашинного цеха относится к категории Б согласно настоящему техническому кодексу.

Пример Д.4

1. Исходные данные

Производственное помещение, где осуществляется фасовка пакетов с сухим растворимым напитком, имеет следующие габариты: высота – 8 м, длина – 30 м, ширина – 10 м. Свободный объем помещения составляет $V_{\text{св}} = 1920 \text{ м}^3$. В помещении расположен смеситель, представляющий собой цилиндрическую емкость со встроенным шнекообразным устройством равномерного перемешивания порошкообразных компонентов напитка, загружаемых через расположенное сверху входное отверстие. Единовременная загрузка дисперсного материала в смеситель составляет $m_{\text{ан}} = 300 \text{ кг}$. Основным компонентом порошкообразной смеси является сахар (более 95 % (масс.)), который представляет наибольшую пожаровзрывоопасность. Подготовленная в смесителе порошкообразная смесь подается

в аппараты фасовки, где производится дозирование (по 30 г) сухого напитка в полиэтиленовые упаковки. Значительное количество пылеобразного материала в смесителе и частая пылеуборка в помещении позволяют при обосновании расчетного варианта аварии пренебречь пылеотложениями на полу, стенах и других поверхностях.

Расчет категории помещения производится для сахарной пыли, которая представлена в подавляющем количестве по отношению к другим компонентам сухого напитка. Теплота сгорания пыли $H_T = 16477 \text{ кДж} \cdot \text{кг}^{-1} = 1,65 \cdot 10^7 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$. Распределение пыли по дисперсности представлено в таблице.

Фракция пыли, мкм	≤100 мкм	≤200 мкм	≤500 мкм	≤1000 мкм
Массовая доля, % (масс.)	5	10	40	100

Критический размер частиц взрывоопасной взвеси сахарной пыли d^* равен 200 мкм.

2. Обоснование расчетного варианта аварии

Аварийная ситуация, которая сопровождается наибольшим выбросом горючего материала в объем помещения, связана с разгерметизацией смесителя, как емкости, содержащей наибольшее количество горючего материала. Процесс разгерметизации может быть связан со взрывом взвеси в смесителе: в процессе перемешивания в объеме смесителя создается взрывоопасная смесь горючего порошка с воздухом, зажигание которой возможно разрядом статического электричества или посторонним металлическим предметом, попавшим в аппарат при загрузке исходных компонентов; затираание примесного материала между шнеком и корпусом смесителя приводит к его разогреву до температур, достаточных для зажигания пылевоздушной смеси. Взрыв пыли в объеме смесителя вызывает ее выброс в объем помещения и вторичный взрыв. Отнесение помещения к категории Б зависит от величины расчетного избыточного давления взрыва.

3. Коэффициент участия пыли во взрыве Z для $d^* \leq 200 \text{ мкм}$ и $F = 10 \% = 0,1$ составляет

$$Z = 0,5 \cdot 0,1 = 0,05 .$$

Расчет избыточного давления взрыва ΔP производим по формуле

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot Z \cdot P_0}{V_{\text{св}} \cdot \rho_B \cdot C_p \cdot T_0} \cdot 0,33 = \frac{300 \cdot 1,65 \cdot 10^7 \cdot 101 \cdot 0,05}{1920 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot 300 \cdot 3} \cdot 0,33 = 11,9 \text{ кПа}.$$

4. Расчетное избыточное давление взрыва превышает 5 кПа, следовательно, помещение фасовки пакетов с сухим растворимым напитком относится к категории Б согласно настоящему техническому кодексу.

Пример Д.5

1. Исходные данные

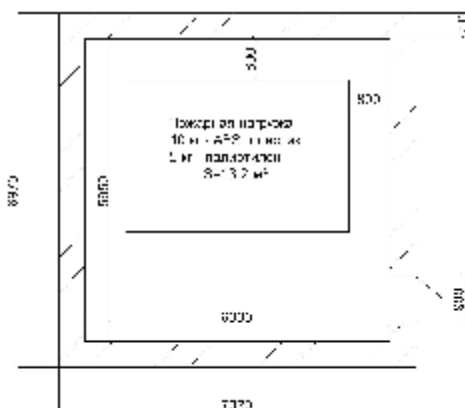
В помещении находятся:

- ABS-пластик 40 кг;
- полиэтилен 5 кг.

Размеры помещения: площадь – 35,7 м, высота – 3,6 м. Объем помещения V_n равен 128,52 м³. Свободный объем помещения $V_{\text{св}}$ составляет 102,82 м³.

Категорию помещения по взрывопожарной и пожарной опасности определяют расчетом путем последовательной проверки принадлежности ее от наиболее высокой до наименьшей категории, в соответствии с настоящим техническим кодексом.

2. Схема размещения пожарной нагрузки в помещении



3. Расчет пожарной нагрузки и удельной пожарной нагрузки на участках

Низшая теплота сгорания:

ABS-пластик – 35 МДж·кг⁻¹;

полиэтилен – 40 МДж·кг⁻¹.

Пожарная нагрузка будет равна

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_{ни}^P = 40 \cdot 35 + 5 \cdot 40 = 1600 \text{ МДж.}$$

Согласно технологическим условиям площадь размещения пожарной нагрузки составляет 10 м². Удельная пожарная нагрузка составит

$$g = \frac{Q}{S} = \frac{1600}{10} = 160 \text{ МДж·м}^{-2}.$$

4. Вывод о категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно техническому кодексу

Так как удельная пожарная нагрузка составляет 160 МДж/м², рассматриваемое помещение относится к категории В4.

Пример Д.6

1. Исходные данные

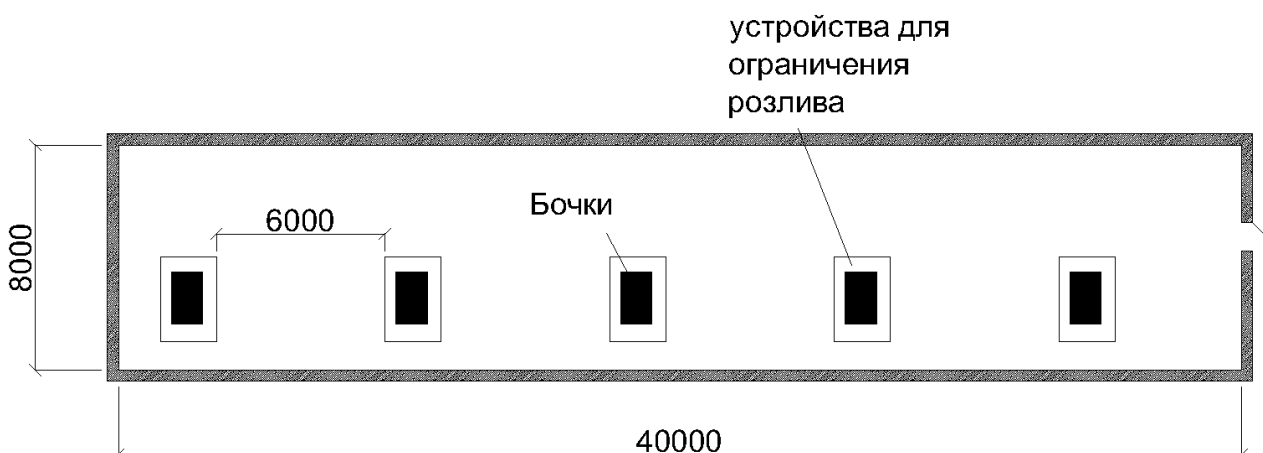
Складское помещение. В помещении находятся горючие вещества (белила цинковые МА-15Н (ГОСТ 10503-71) температура вспышки 49 °С)(далее – белила), которые хранятся в металлических бочках. Количество бочек 5. Количество белила в каждой бочке составляет 30 кг, иная пожарная нагрузка отсутствует. Низшая теплота сгорания для Белил составляет 44,87 МДж·кг⁻¹.

При определении избыточного давления взрыва ΔP в качестве расчетного варианта аварии принимается разгерметизация одной бочки с белилами и поступление их в объем помещения. За расчетную температуру принимается максимальная абсолютная температура воздуха в данном районе (Брест) согласно [3] $t_p = 37$ °С.

2. Обоснование расчетного варианта наиболее неблагоприятного в отношении взрыва периода

Согласно таблице Б.2 коэффициент участия горючего во взрыве Z равен 0, так как белила нагреты до температуры окружающей среды (37 °С), что ниже температуры вспышки (49 °С) и отсутствует возможность образования аэрозоля. Из этого следует, что избыточное давление взрыва ΔP равно 0.

3. Схема размещения пожарной нагрузки в помещении



4. Расчет пожарной нагрузки и удельной пожарной нагрузки на участках

В помещении располагается пять участков с одинаковой пожарной нагрузкой. В соответствии с п. 5.3.3 настоящего технического кодекса определим пожарную нагрузку Q и удельную пожарную нагрузку g на одном участке.

ТКП 474-2013

Пожарная нагрузка на одном из участков составит

$$Q = 30 \cdot 44,87 = 1346,1 \text{ МДж.}$$

Согласно технологическим условиям площадь размещения пожарной нагрузки составляет до 8 м^2 . В соответствии с п. 5.3.1 настоящего технического кодекса принимаем площадь размещения пожарной нагрузки S равной 10 м^2 . Удельная пожарная нагрузка на участке составит

$$g = \frac{Q}{S} = \frac{1346,1}{10} = 134,61 \text{ Мдж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Определяем пожарную нагрузку в помещении

$$Q = 5 \cdot 30 \cdot 44,87 = 6730,5 \text{ МДж.}$$

5. Проверка условий размещения пожарной нагрузки в помещении

Так как пожарная нагрузка в помещении составляет $6730,5 \text{ МДж}$, что более 2000 МДж , в соответствии с таблицей 2 настоящего технического кодекса помещения с данной удельной пожарной нагрузкой могут быть отнесены к категории В4 ($g < 200 \text{ Мдж} \cdot \text{м}^{-2}$) при условии, что способ ее размещения удовлетворяет необходимым условиям по п. 5.3.4.

Для пожарной нагрузки, состоящей из ЛВЖ и ГЖ, расстояния между участками разлива пожарной нагрузки должны быть больше предельных.

В помещении минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм H составляет около 9 м . При этих условиях (H меньше 11 м) предельное расстояние $l_{\text{пр}}$ должно удовлетворять неравенству:

$$l_{\text{пр}} \geq 26 - H.$$

При $H = 9 \text{ м}$ предельное расстояние должно быть $l_{\text{пр}} \geq 17 \text{ м}$.

6. Вывод о категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности

Поскольку данное условие не выполняется (расстояния между агрегатами не более 6 м), согласно настоящему техническому кодексу рассматриваемое помещение следует отнести к категории В3.

Пример Д.7

1. Исходные данные

Складское здание IV степени огнестойкости размерами в плане $40 \times 40 \times 3 \text{ м}$. Складское здание состоит из двух помещений, отделенных друг от друга противопожарной перегородкой с пределом огнестойкости EI 45. В одном помещении осуществляется складирование покрышек, в другом – металлических деталей для автомобилей в картонных коробках.

На участке складирования покрышек хранится N_1 – 500 покрышек, массой m_1 по 10 кг каждая, высота складирования – 2 м .

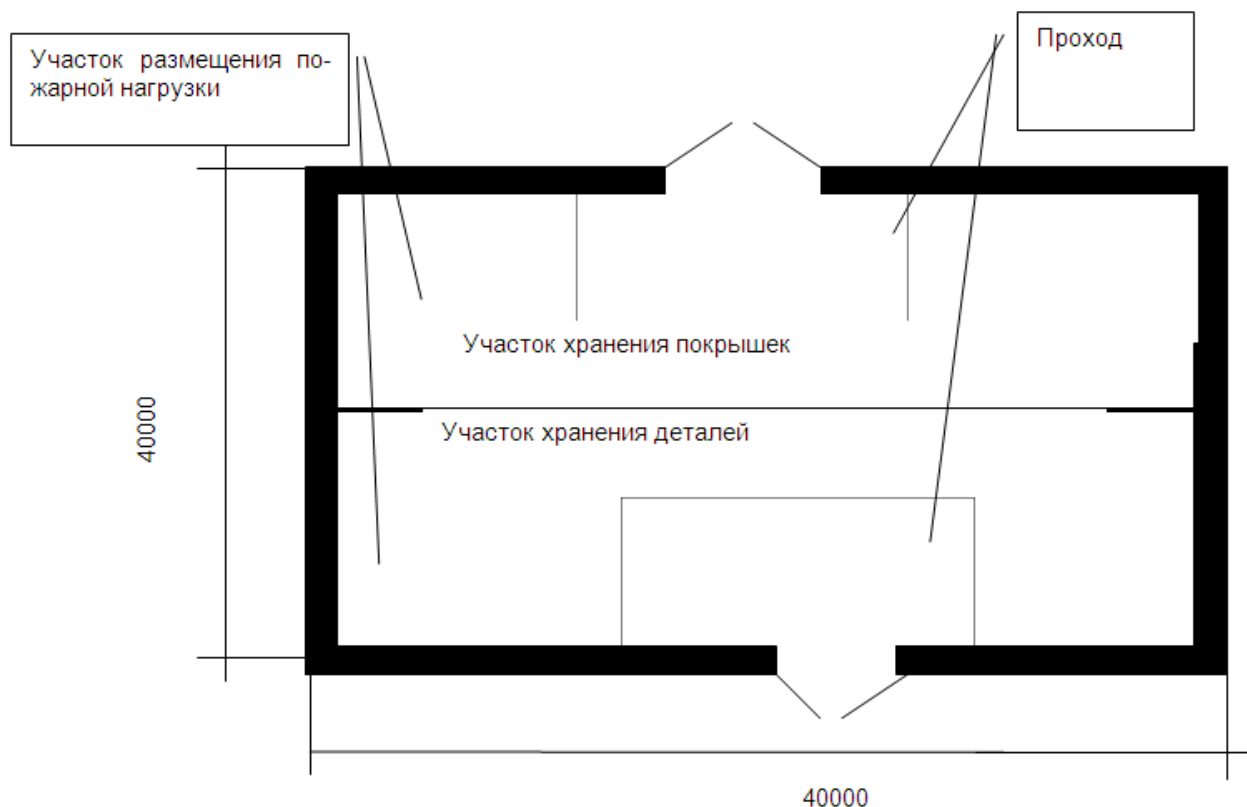
На участке складирования металлических деталей для автомобилей детали хранятся на металлических стеллажах в коробках. Максимальная вместимость участка N_2 – 100 коробок, масса картонной коробки m_2 – 2 кг , высота складирования – 2 м .

Низшая теплота сгорания для картона составляет $13,4 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Низшая теплота сгорания для резины составляет $33,52 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$.

С учетом проходов в помещениях пожарная нагрузка на участке хранения покрышек размещена на площади 600 м^2 , на участке хранения деталей – 580 м^2 .

2. Схема размещения пожарной нагрузки в помещении



3. Расчет пожарной нагрузки и удельной пожарной нагрузки на участках

Определим массу сгораемых материалов в помещении участка хранения покрышек

$$G_1 = m_1 \cdot N_1 = 500 \cdot 10 = 5000 \text{ кг.}$$

Пожарная нагрузка будет равна

$$Q_1 = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_{ni}^p = 5000 \cdot 33,52 = 167\,600 \text{ МДж.}$$

Удельная пожарная нагрузка составит

$$g = \frac{Q}{S} = \frac{167600}{600} = 279,3 \text{ Мдж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Это значение соответствует категории В3.

Определим, выполняется ли условие

$$Q \geq 0,64 \cdot g_T \cdot H^2.$$

После подстановки численных значений получим

$$0,64 \cdot g_T \cdot H^2 = 0,64 \cdot 1400 \cdot 1 = 896 \text{ МДж.}$$

Так как 167 600 больше 896 МДж, следует, что условие неравенства выполняется и помещение следует отнести к категории В2 согласно настоящему техническому кодексу.

Определим массу сгораемых материалов в помещении участка хранения деталей

$$G_2 = m_2 \cdot N_2 = 100 \cdot 2 = 200 \text{ кг.}$$

Пожарная нагрузка будет равна

$$Q_2 = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_{ni}^p = 200 \cdot 13,4 = 2680.$$

Удельная пожарная нагрузка составит

$$g = \frac{Q}{S} = \frac{2680}{580} = 4,6 \text{ Мдж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Однако в помещении В4 в таблице 2 оговорен способ размещения пожарной нагрузки, а именно «на любом участке пола площадью 10 м²». В нашем случае это условие не выполняется, следовательно, помещение будет отнесено к более высокой категории В3.

4. Вывод о категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности

Учитывая, что помещения отделены друг от друга противопожарной перегородкой с пределом огнестойкости EI 45 в здании IV степени огнестойкости, помещение хранения покрышек следует относить к категории В3, помещение хранения деталей к В3 согласно настоящему техническому кодексу.

Пример Д.8

1. Исходные данные

Производственное трехэтажное здание. Общая площадь помещений здания $F = 20\,000\text{ м}^2$. В здании находятся помещения категории А суммарной площадью $F_A = 2000\text{ м}^2$, оборудованные установками автоматического пожаротушения. В здании также находятся помещения категории В1 площадью $F_{В1} = 4000\text{ м}^2$, категории В2 площадью $F_{В2} = 3000\text{ м}^2$, категории В4 площадью $F_{В4} = 5000\text{ м}^2$, некатегорируемые помещения площадью 6000 м^2 .

2. Определение категории здания

№ п/п	Категория по взрывопожарной и пожарной опасности	Площадь помещений, м ²	Наличие установок автоматического пожаротушения (площадь, оборудованная АУПТ, м ²)	% к общей площади здания
1.	А	2000	Да (2000)	10,0
2.	Б	---	Нет	---
3.	В1	4000	Нет	20,0
4.	В2	3000	Нет	15,0
5.	В3	---	Нет	---
6.	В4	5000	Нет	25,0
7.	Г1	---	Нет	---
8.	Г2	---	Нет	---
9.	Д	---	Нет	---
10.	Не категорируемые помещения	6000	Нет	30,0
Итого		20 000		100

Суммарная площадь помещений категории А, оборудованных установками автоматического пожаротушения, составляет 10 % и не превышает 25 % площади всех помещений здания, но более 1000 м². Согласно п. 6.1 настоящего технического кодекса здание относится к категории А.

Пример Д.9

1. Исходные данные

1.1 Наружная технологическая установка содержит емкость с ацетоном $V_a = 800\text{ л} = 0,8\text{ м}^3$.

1.2 Молярная масса ацетона $M = 58,08\text{ кг}\cdot\text{кмоль}^{-1}$. Константы уравнения Антуана: $A = 6,37551$; $B = 1281,721$; $C_A = 237,088$. Химическая формула ацетона C_3H_6O . Плотность ацетона (жидкости) $\rho_{ж} = 790,8\text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$. Температура вспышки ацетона $t_{всп} = -18\text{ }^\circ\text{C}$.

1.3 За расчетную температуру принимается абсолютная температура воздуха в данном районе (г. Могилев) согласно [3] $t_p = 36\text{ }^\circ\text{C}$.

2. Проведем расчет горизонтального размера зоны, ограничивающей паровоздушную смесь с концентрацией выше НКПР

Определяем массу жидкости m (кг), поступившей в атмосферу

$$m = V \cdot \rho = 0,8 \cdot 790,8 = 632,64\text{ кг.}$$

Определяем площадь пролива ацетона F (м²). Согласно п. В.1.3.4. настоящего технического кодекса 1 литр растворителя разливается на площади $0,15\text{ м}^2$

$$F = V \cdot 0,15 = 800 \cdot 0,15 = 120\text{ м}^2$$

Интенсивность испарения ЛВЖ и ГЖ W (кг·с⁻¹·м⁻²) рассчитывается по формуле (В.10):

$$P_H = 10^{\frac{A-B}{C_{A+I_{ж}}}} = 48,09 \text{ кПа}$$

$$W = 10^{-6} \cdot \sqrt{M} \cdot P_H = 10^{-6} \cdot \sqrt{58,08} \cdot 48,09 = 3,66 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с.}$$

Определяем массу паров жидкости, участвующих во взрыве

$$m_n = F \cdot W \cdot \tau = 120 \cdot 3,66 \cdot 10^{-4} \cdot 3600 = 158,1 \text{ кг.}$$

Из справочных данных определяется молярная масса M (кг·кмоль⁻¹):

$$M = 58,08 \text{ кг· кмоль}^{-1}.$$

Рассчитываем плотность паров ацетона ρ_r (кг· м⁻³):

для объектов, расположенных на территории Могилевской и Гродненской областей ($t_p = 36 \text{ }^\circ\text{C}$):

$$\rho_{г.п.} = \frac{58,08}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 36)} = 2,29 \text{ кг/м}^3.$$

Согласно химической формуле ГГ определяем значение нижнего концентрационного предела распространения пламени ГГ $C_{НКПР}$ % (об.).

$$C_{НКПР} = 2,5 \%$$

Горизонтальный размер зоны, ограничивающей паровоздушную смесь с концентрацией выше НКПР, определяется по формуле

$$R = 3,1501 \cdot \sqrt{K} \cdot \left(\frac{P_H}{C_{НКПР}}\right)^{0,813} \cdot \left(\frac{m}{\rho \cdot P_H}\right)^{0,333} = 3,1501 \cdot \sqrt{1} \cdot \left(\frac{48,09}{2,5}\right)^{0,813} \cdot \left(\frac{158,1}{2,29 \cdot 48,09}\right)^{0,333} = 39,3 \text{ м.}$$

3. Горизонтальный размер зоны, ограничивающей паровоздушную смесь с концентрацией выше НКПР превышает 30 м, следовательно, установка относится к категории A_H .

Пример Д.10

1. Исходные данные для расчета принимаем согласно примеру Д.9.

2. Обосновании расчетного варианта аварии

2.1. В соответствии со схемой проведения расчетов параметров взрывопожарной опасности наружных установок с ЛВЖ расчет производится для трех вариантов:

пожар-вспышка при локальном выходе ЛВЖ из резервуара;

пожар пролива ЛВЖ;

«огненный шар» при разрыве резервуара с газом под давлением.

2.2. Строим дерево событий аварийной ситуации.



2.3. Статистическая вероятность развития аварии по различным ветвям дерева событий следующая:

Сценарий аварии	Частота реализации ветвей
A1	0,074
A2	0,129
A3	0,322
A4	0,367
A5	0,108

2.4. Вероятность локального разрушения резервуара составляет $4 \cdot 10^{-5}$.

2.5. Величины частот для различных сценариев аварии оцениваем по формуле

$$Q_{\text{вн}} = Q_{\text{ав}} \cdot Q(A_i)_{\text{СТ}},$$

где $Q_{\text{ав}}$ – вероятность возникновения аварии;

$Q(A_i)_{\text{СТ}}$ – статистическая вероятность развития аварии по i -той ветви дерева событий.

2.6. Таким образом:

вероятность диффузионного факела при локальном разрушении резервуара составит

$$Q_{\text{вн}} = 4 \cdot 10^{-5} \cdot 0,322 = 12,88 \cdot 10^{-6};$$

вероятность пожара-вспышки при локальном разрушении резервуара составит

$$Q_{\text{вн}} = 4 \cdot 10^{-5} \cdot 0,367 = 14,68 \cdot 10^{-6};$$

вероятность «огненного шара» при локальном разрушении резервуара составит

$$Q_{\text{вн}} = 4 \cdot 10^{-5} \cdot 0,108 = 4,32 \cdot 10^{-6}.$$

3. Расчет массы ЛВЖ, вышедших в атмосферу при расчетной аварии

$m_{\text{п}} = 158,1$ кг (из примера Д.9).

3.1 Из справочной литературы находится значение удельной массовой скорости выгорания топлива: $m_{\text{т}} = 5,96 \cdot 10^{-2}$ кг/м²·с.

3.2 Рассчитываем эффективный диаметр пролива d и высоту пламени H

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{3,14}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 120}{3,14}} = 12,36 \text{ м},$$

$$H = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m}{r_{\text{г}} \cdot \sqrt{q \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 12,36 \cdot \left(\frac{0,0596}{1,28 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 12,36}} \right)^{0,61} = 18,5 \text{ м}.$$

3.3 Коэффициент облученности между излучающей и облучаемой поверхностями вычисляется по формуле (для $r \geq a$ и $r \geq b$)

$$j_{1\phi} = \frac{2}{3,15} \cdot \left(\frac{9,25}{\sqrt{9,25^2 + 30^2}} \cdot \arctg \frac{6,18}{\sqrt{9,25^2 + 30^2}} + \frac{6,18}{\sqrt{6,18^2 + 30^2}} \cdot \arctg \frac{9,25}{\sqrt{6,18^2 + 30^2}} \right) = 0,0458.$$

3.4 Определяем интенсивность теплового излучения при пожаре

$$q = 5,7 \cdot 0,78 \cdot \left[\left(\frac{1050}{100} \right)^4 - \left(\frac{309}{100} \right)^4 \right] \cdot 0,0458 = 2,66 \text{ кВт/м}^2.$$

4. Расчет избыточного давления и импульса волны давления при сгорании смеси паров ацетона с воздухом

4.1 Определяем массу жидкости m , поступившей в атмосферу.

$m = 632,64$ кг (пример Д.9).

4.2 Определяем площадь пролива ацетона F (м²). 1 литр растворителя разливается на площади $0,15$ м².

$F = 120$ м² (пример Д.9).

4.3 Интенсивность испарения ЛВЖ W (кг·с⁻¹·м⁻²)

$P_{\text{н}} = 48,09$ кПа (пример Д.9).

$W = 3,66 \cdot 10^{-4}$ кг/м²·с (пример Д.9).

4.4 Определяем массу паров жидкости, участвующих во взрыве

$m_{п} = 158,1$ кг (пример Д.9).

4.5 Из справочных данных определяется удельная теплота сгорания паров ацетона $Q_{сг}$ (Дж/кг).

$Q_{сг} = 31\ 360$ кДж/кг.

4.6 Определяем приведенную масса паров жидкости $m_{пр}$ (кг)

$m_{пр} = 2,21 \cdot 10^{-8} \cdot Q_{сг} \cdot m = 2,21 \cdot 10^{-8} \cdot 31\ 360 \cdot 158,1 = 109,57$ кг

4.7 Определяем величину избыточного давления ΔP , кПа, развиваемого при сгорании газопаровоздушной смеси на расстоянии 30 м от установки

$\Delta P = P_0 (0,8 \cdot m_{пр}^{0,33}/r + 3 \cdot m_{пр}^{0,66}/r^2 + 5 \cdot m_{пр}/r^3) = 101 \cdot (0,8 \cdot 109,57^{0,33}/30 + 3 \cdot 109,57^{0,66}/30^2 + 5 \cdot 109,57/30^3) = 22,21$ кПа.

4.8 Величина импульса волны давления i (Па·с) составляет

$i = 123 \cdot m_{пр}^{0,66}/r = 123 \cdot 109,57^{0,66}/30 = 90,0$ Па·с.

5. Расчет интенсивности теплового излучения для варианта развития аварии «огненный шар»

5.1 Определяем эффективный диаметр «огненного шара» r_1

$r_1 = 2,665 \cdot m_{пр}^{0,327} = 2,665 \cdot 109,57^{0,327} = 12,4$ м.

5.2 Коэффициент облученности между излучающей и облучаемой поверхностями вычисляется по формуле (для $r_2 \geq r_1$)

$$j_{1\phi} = \frac{r_1}{r_2} \left(\arctg \frac{r_1}{\sqrt{r_2^2 + r_1^2}} \right) = \frac{12,4}{30} \cdot \left(\arctg \frac{12,4}{\sqrt{30^2 + 12,4^2}} \right) = 0,17.$$

5.3 Определяем интенсивность теплового излучения q , для «огненного шара»

$$q = 5,7 \cdot 0,78 \cdot \left[\left(\frac{1500}{100} \right)^4 - \left(\frac{309}{100} \right)^4 \right] \cdot 0,17 = 28,66 \text{ кВт/м}^2.$$

6. Условная вероятность поражения человека тепловым излучением $Q_{вп}$ при сгорании пролива ацетона на расстоянии 30 м от установки составит

$P_r = -14,9 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{1,33}) = -14,9 + 2,56 \cdot \ln(5 \cdot 2,66^{1,33}) = -7,45.$

6.1 По таблице В2 определяем условную вероятность поражения человека. При $P_r = -7,45$; $Q_{вп} = 0.$

6.2 Определяем величину индивидуального риска $R_n.$

$R_n = Q_{вп} \cdot Q_{вп} = 12,86 \cdot 10^{-6} \cdot 0 = 0.$

7. Условная вероятность $Q_{вп}$ поражения человека избыточным давлением при сгорании паровоздушной смеси на расстоянии 30 м от установки

$$V = \left(\frac{17500}{22210} \right)^{8,4} + \left(\frac{290}{90} \right)^{9,3} = 53\ 192,1;$$

$P_r = 5 - 0,26 \cdot \ln(V) = 5 - 0,26 \cdot \ln(53192,1) = 2,17.$

7.1. По таблице В.2 определяем условную вероятность поражения человека. При $P_r = 2,17$; $Q_{вп} = 0.$

7.2. Определяем величину индивидуального риска $R_n.$

$R_n = Q_{вп} \cdot Q_{вп} = 14,68 \cdot 10^{-6} \cdot 0 = 0.$

8. Определяем условную вероятность $Q_{вп}$ поражения человека тепловым излучением при «огненном шаре» на расстоянии 30 м от установки

$P_r = -14,9 + 2,56 \cdot \ln(t \cdot q^{1,33}) = -14,9 + 2,56 \cdot \ln(15 \cdot 28,66^{1,33}) = 3,46.$

8.1 По таблице В.2 определяем условную вероятность поражения человека. При $P_r = 3,46$; $Q_{вп} = 0,06.$

ТКП 474-2013

8.2 Определяем величину индивидуального риска R_n .

$$R_n = Q_{вг} \cdot Q_{вп} = 4,32 \cdot 10^{-6} \cdot 0,06 = 0,26 \cdot 10^{-6}.$$

9. Величина индивидуального риска R_n на расстоянии 30 м от установки не превышает 10^{-6} , следовательно, установка относится к категории Д_н.

Приложение Е
(справочное)

Показатели пожаровзрывоопасности некоторых веществ и материалов

Таблица Е.1 – Значения показателей пожарной опасности некоторых индивидуальных веществ

Вещество	Химическая формула	Молярная масса, кг·к·моль ⁻¹	Температура вспышки, °С	Температура самовоспламенения, °С	Константы уравнения Антуана			Температурный интервал значений констант уравнения Антуана, °С	Нижний концентрационный предел распространения пламени, % (об.)	Характеристика вещества	Теплота сгорания, кДж·кг ⁻¹
					A	B	C _A				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Амилацетат	C ₇ H ₁₄ O ₂	130,196	+43	+290	6,29350	1579,510	221,365	25÷147	1,08	ЛВЖ	29879
Амилен	C ₅ H ₁₀	70,134	-18	+273	5,91048	1014,294	229,783	-60÷100	1,49	ЛВЖ	45017
н-Амиловый спирт	C ₅ H ₁₂ O	88,149	+48	+300	6,3073	1287,625	161,330	74÷157	1,46	ЛВЖ	38385
Аммиак	NH ₃	17,03	---	+650	---	---	---	---	15,0	ГГ	18585
Анилин	C ₆ H ₇ N	93,128	+73	+617	6,04622	1457,02	176,195	35÷184	1,3	ГЖ	32386
Ацетальдегид	C ₂ H ₄ O	44,053	-40	+172	6,31653	1093,537	233,413	-80÷20	4,12	ЛВЖ	27071
Ацетилен	C ₂ H ₂	26,038	---	+335	---	---	---	---	2,5	ГГ (ВВ)	49965
Ацетон	C ₃ H ₆ O	58,08	-18	+535	6,37551	1281,721	237,088	-15÷93	2,7	ЛВЖ	31360
Бензиловый спирт	C ₇ H ₈ O	108,15	+90	+415	---	---	---	---	1,3	ГЖ	---
Бензол	C ₆ H ₆	78,113	-11	+560	5,61391 6,10906	902,275 1252,776	178,099 225,178	-20÷6 -7÷80	1,43	ЛВЖ	40576
1,3-Бутадиен	C ₄ H ₆	54,091	---	+430	---	---	---	---	2,0	ГГ	44573
н-Бутан	C ₄ H ₁₀	58,123	-69	+405	6,00525	968,098	242,555	-130÷0	1,8	ГГ	45713
1-Бутен	C ₄ H ₈	56,107	-	+384	---	---	---	---	1,6	ГГ	45317
2-Бутен	C ₄ H ₈	56,107	-	+324	---	---	---	---	1,8	ГГ	45574
н-Бутил-ацетат	C ₆ H ₁₂ O ₂	116,16	+29	+330	6,25205	1430,418	210,745	59÷126	1,35	ЛВЖ	28280
Втор-Бутил-ацетат	C ₆ H ₁₂ O ₂	116,16	+19	+410	---	---	---	---	1,4	ЛВЖ	28202
н-Бутиловый спирт	C ₄ H ₁₀ O	74,122	+35	+340	8,72232	2664,684	279,638	-1÷126	1,8	ЛВЖ	36805
Винил-хлорид	C ₂ H ₃ Cl	62,499	---	+470	6,0161	905,008	239,475	-65÷-13	3,6	ГГ	18496

ТКП 474-2013

Продолжение таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Водород	H ₂	2,016	-	+510	---	---	---	---	4,12	ГГ	119841
н-Гекса-декан	C ₁₆ H ₃₄	226,44	+128	+207	5,91242	1656,405	136,869	105÷287	0,47	ГЖ (ТГВ)	44312
н-Гексан	C ₆ H ₁₄	86,177	-23	+233	5,99517	1166,274	223,661	-54÷69	1,24	ЛВЖ	45105
н-Гексиловый спирт	C ₆ H ₁₄ O	102,17	+60	+285	6,17894 7,23663	1293,831 1872,743	152,631 202,666	52÷157 60÷108	1,2	ЛВЖ	39587
Гептан	C ₇ H ₁₆	100,203	-4	+223	6,07647	1295,405	219,819	60÷98	1,07	ЛВЖ	44919
Гидразин	N ₂ H ₄	32,045	+38	+132	7,99805	2266,447	266,316	84÷112	4,7	ЛВЖ (ВВ)	14644
Глицерин	C ₃ H ₈ O ₃	92,1	+198	+400	8,177393	3074,220	214,712	141÷263	2,6	ГЖ	16102
Декан	C ₁₀ H ₂₂	142,28	+47	+230	6,52023	1809,975	227,700	17÷174	0,7	ЛВЖ	44602
Дивиниловый эфир	C ₄ H ₆ O	70,1	-30	+360	---	---	---	---	1,7	ЛВЖ	32610
N, N-Диметил-формамид	C ₃ H ₇ ON	73,1	+53	+440	6,15939	1482,985	204,342	25÷153	2,35	ЛВЖ	---
1,4-Диоксан	C ₄ H ₈ O ₂	88,1	+11	+375	6,64091	1632,425	250,725	12÷101	2,0	ЛВЖ	---
1,2-Дихлор-этан	C ₂ H ₄ Cl ₂	98,96	+9	+413	6,78615	1640,179	259,715	-24÷83	6,2	ЛВЖ	10873
Диэтиламин	C ₄ H ₁₁ N	73,14	-14	+310	6,34794	1267,557	236,329	-33÷59	1,78	ЛВЖ	34876
Диэтиловый эфир	C ₄ H ₁₀ O	74,12	-41	+180	6,12270	1098,945	232,372	-60÷35	1,7	ЛВЖ	34147
н-Додекан	C ₁₂ H ₂₆	170,337	+77	+202	7,29574	2463,739	253,884	48÷214	0,63	ГЖ	44470
Изобутан	C ₄ H ₁₀	58,123	-76	+462	5,95318	916,054	243,783	-159÷12	1,81	ГГ	45578
Изобутилен	C ₄ H ₈	56,11	---	+465	---	---	---	---	1,78	ГГ	45928
Изобутиловый спирт	C ₄ H ₁₀ O	74,12	+28	+390	7,83005	2058,392	245,642	-9÷116	1,8	ЛВЖ	36743
Изопентан	C ₅ H ₁₂	72,15	-52	+432	5,91799	1022,551	233,493	-83÷28	1,36	ЛВЖ	45239
Изопропил-бензол	C ₉ H ₁₂	120,20	+37	+424	6,06756	1461,643	207,56	2,9÷152,4	0,88	ЛВЖ	46663
Изопропиловый спирт	C ₃ H ₈ O	60,09	+14	+430	7,51055	1733,00	232,380	-26÷148	2,23	ЛВЖ	34139
м-Ксилол	C ₈ H ₁₀	106,17	+28	+530	6,13329	1461,925	215,073	-20÷220	1,1	ЛВЖ	52829
о-Ксилол	C ₈ H ₁₀	106,17	+31	+460	6,28893	1575,114	223,579	-3,8÷144,4	1,0	ЛВЖ	41217
п-Ксилол	C ₈ H ₁₀	106,17	+26	+528	6,25485	1537,082	223,608	-8,1÷138,3	1,1	ЛВЖ	41207
Метан	CH ₄	16,04	-	+537	5,68923	380,224	264,804	-182÷-162	5,28	ГГ	50000
Метиловый спирт	CH ₄ O	32,04	+6	+440	7,3527	1660,454	245,818	-10÷90	6,98	ЛВЖ	23839
Метилпропилкетон	C ₅ H ₁₀ O	86,133	+6	+452	6,98913	1870,4	273,2	-17÷103	1,49	ЛВЖ	33879
Метилэтилкетон	C ₄ H ₈ O	72,107	-6	---	7,02453	1292,791	232,340	-48÷80	1,90	ЛВЖ	---
Нафталин	C ₁₀ H ₈	128,06	+80	+520	9,67944 6,7978	3123,337 2206,690	243,569 245,127	0÷80 80÷159	0,9	ТГВ	39435

Продолжение таблицы Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
н-Нонан	C ₉ H ₂₀	128,257	+31	+205	6,17776	1510,695	211,502	2÷150	0,78	ЛВЖ	44684
Оксид углерода	CO	28,01	---	+605	---	---	---	---	12,5	ГГ	10104
Оксид этилена	C ₂ H ₄ O	44,05	-18	+430	---	---	---	---	3,2	ГГ (ВВ)	27696
н-Октан	C ₈ H ₁₈	114,230	+14	+215	6,09396	1379,556	211,896	-14÷126	0,9	ЛВЖ	44787
н-Пента-декан	C ₁₅ H ₃₂	212,42	+115	+203	6,0673	1739,084	157,545	92÷270	0,5	ГЖ	44342
н-Пентан	C ₅ H ₁₂	72,150	-44	+286	5,97208	1062,555	231,805	-50÷36	1,47	ЛВЖ	45350
н-Пиколин	C ₆ H ₇ N	93,128	+39	+578	6,44382	1632,315	224,787	70÷145	1,4	ЛВЖ	36702
Пиридин	C ₅ H ₅ N	79,10	+20	+530	5,91684	1217,730	196,342	-19÷116	1,8	ЛВЖ	35676
Пропан	C ₃ H ₈	44,096	-96	+470	5,95547	813,864	248,116	-189÷ -42	2,3	ГГ	46353
Пропилен	C ₃ H ₆	42,080	---	+455	5,94852	786,532	247,243	-107,3÷-47,1	2,4	ГГ	45604
н-Пропиловый спирт	C ₃ H ₈ O	60,09	+23	+371	7,44201	1751,981	225,125	0÷97	2,3	ЛВЖ	34405
Сероводород	H ₂ S	34,076	---	+246	---	---	---	---	4,3	ГГ	---
Сероуглерод	CS ₂	76,14	-43	+102	6,12537	1202,471	245,616	-15÷80	1,0	ЛВЖ	14020
Стирол	C ₈ H ₈	104,14	+30	+490	7,06542	2113,057	272,986	-7÷146	1,1	ЛВЖ	43888
Тетрагидрофуран	C ₄ H ₈ O	72,1	-20	+250	6,12008	1202,29	226,254	23÷100	1,8	ЛВЖ	34730
н-Тетрадекан	C ₁₄ H ₃₀	198,39	+103	+201	6,40007	1950,497	190,513	76÷254	0,5	ГЖ	44377
Толуол	C ₇ H ₈	92,140	+7	+535	6,0507	1328,171	217,713	-26,7÷110,6	1,27	ЛВЖ	40936
н-Тридекан	C ₁₃ H ₂₈	184,36	+90	+204	7,09388	2468,910	250,310	59÷236	0,58	ГЖ	44424
2,2,4-Триметилпентан	C ₈ H ₁₈	114,230	-4	+411	5,93682	1257,84	220,735	-60÷175	1,0	ЛВЖ	44647
Уксусная кислота	C ₂ H ₄ O ₂	60,05	+40	+465	7,10337	1906,53	255,973	-17÷118	4,0	ЛВЖ	13097
н-Ундекан	C ₁₁ H ₂₄	156,31	+62	+205	6,80501	2102,959	242,574	31÷197	0,6	ГЖ	44527
Формальдегид	CH ₂ O	30,03	---	+430	5,40973	607,399	197,626	-19÷60	7,0	ГГ	19007
Фталевый ангидрид	C ₈ H ₄ O ₃	148,1	+153	+580	7,12439	2879,067	277,501	134÷285	1,7 (15г·м ⁻³)	ТГВ	---
Хлорбензол	C ₆ H ₅ Cl	112,56	+29	+637	6,38605	1607,316	235,351	-35÷132	1,4	ЛВЖ	27315
Хлорэтан	C ₂ H ₅ Cl	64,51	-50	+510	6,11140	1030,007	238,612	-56÷12	3,8	ГГ	19392
Циклогексан	C ₆ H ₁₂	84,16	-17	+259	5,96991	1203,526	222,863	6,5÷200	1,3	ЛВЖ	43833
Этан	C ₂ H ₆	30,069	---	+515	---	---	---	---	2,9	ГГ	52413
Этилацетат	C ₄ H ₈ O ₂	88,10	-3	+446	6,22672	1244,951	217,881	15÷75,8	2,0	ЛВЖ	23587
Этилбензол	C ₈ H ₁₀	106,16	+20	+431	6,35879	1590,660	229,581	-9,8÷136,2	1,0	ЛВЖ	41323
Этилен	C ₂ H ₄	28,05	---	+435	---	---	---	---	2,7	ГГ	46988
Этиленгликоль	C ₂ H ₆ O ₂	62,068	+111	+412	8,13754	2753,183	252,009	53÷198	4,29	ГЖ	19329
Этиловый спирт	C ₂ H ₆ O	46,07	+13	+400	7,81158	1918,508	252,125	-31÷78	3,6	ЛВЖ	30562
Этилцеллозольв	C ₄ H ₁₀ O ₂	90,1	+40	+235	7,86626	2392,56	273,15	20÷135	1,8	ЛВЖ	26382

ТКП 474-2013
Таблица Е.2 – Значения показателей пожарной опасности некоторых смесей и технических продуктов

№ п/п	Продукт (ГОСТ, ТУ) (состав смеси), % (масс.)	Суммарная формула	Молярная масса, кг·кмоль ⁻¹	Температура вспышки, °С	Температура самовоспламенения, °С	Константы уравнения Антуана			Температурный интервал значений констант уравнения Антуана, °С	Нижний концентрационный предел распространения пламени, % (об.)	Характеристика вещества	Теплота сгорания, кДж·кг ⁻¹
						A	B	C _A				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Бензин авиационный Б-70 (ГОСТ 1012-72)	C _{7,267} H _{14,796}	102,2	-34	300	7,54424	2629,65	384,195	-40÷100	0,79	ЛВЖ	44094
2	Бензин А-72 (зимний) (ГОСТ 2084-67)	C _{6,991} H _{13,108}	97,2	-36	---	4,19500	682,876	222,066	-60÷85	1,08	ЛВЖ	44239
3	Бензин АИ-93 (летний) (ГОСТ 2084-67)	C _{7,024} H _{13,706}	98,2	-36	---	4,12311	664,976	221,695	-60÷95	1,06	ЛВЖ	43641
4	Бензин АИ-93 (зимний) (ГОСТ 2084-67)	C _{6,911} H _{12,168}	95,3	-37	---	4,26511	695,019	223,220	-60÷90	1,1	ЛВЖ	43641
5	Дизельное топливо "З" (ГОСТ 305-73)	C _{12,343} H _{23,889}	172,3	>+35	+225	5,07818	1255,73	199,523	40÷210	0,61	ЛВЖ	43590
6	Дизельное топливо "Л" (ГОСТ 305-73)	C _{14,511} H _{29,120}	203,6	>+40	+210	5,00109	1314,04	192,473	60÷240	0,52	ЛВЖ	43419
7	Керосин осветительный КО-20 (ГОСТ 4753-68)	C _{13,595} H _{26,860}	191,7	>+40	+227	4,82177	1211,73	194,677	40÷240	0,55	ЛВЖ	43692
8	Керосин осветительный КО-22 (ГОСТ 4753-68)	C _{10,914} H _{21,832}	153,1	>+40	+245	5,59599	1394,72	204,260	40÷190	0,64	ЛВЖ	43692
9	Керосин осветительный КО-25 (ГОСТ 4753-68)	C _{11,054} H _{21,752}	154,7	>+40	+236	5,12496	1223,85	203,341	40÷190	0,66	ЛВЖ	43692

Продолжение таблицы Е.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	Ксилол (смесь изомеров) (ГОСТ 9410-60)	$C_8 H_{10}$	106,17	+29	+490	6,17972	1478,16	220,535	0÷50	1,1	ЛВЖ	43154
11	Уайт-спирит (ГОСТ 3134-52)	$C_{10,5} H_{21,0}$	147,3	>+33	+250	7,13623	2218,3	273,15	20÷80	0,7	ЛВЖ	43966
12	Масло трансформаторное (ГОСТ 10121-62)	$C_{21,74} H_{42,28} S_{0,04}$	303,9	>+135	+270	6,88412	2524,17	174,010	164÷343	0,29	ГЖ	43111
13	Масло АМТ-300 (ТУ 38-1Г-68)	$C_{22,25} H_{33,48} S_{0,34} N_{0,07}$	312,9	>+170	+290	6,12439	2240,001	167,85	170÷376	0,2	ГЖ	42257
14	Масло АМТ-300 Т (ТУ 38101243-72)	$C_{19,04} H_{24,58} S_{0,196} N_{0,04}$	260,3	>+189	+334	5,62020	2023,77	164,09	171÷396	0,2	ГЖ	41778
15	Растворитель Р-4 (н-бутилацетат-12, толуол-62, ацетон-26)	$C_{5,452} H_{7,606} O_{0,535}$	81,7	-7	+550	6,29685	1373,667	242,828	-15÷100	1,65	ЛВЖ	40936
16	Растворитель Р-4 (ксилол-15, толуол-70, ацетон-15)	$C_{6,231} H_{7,798} O_{0,223}$	86,3	-4	---	6,27853	1415,199	244,752	-15÷100	1,38	ЛВЖ	43154
17	Растворитель Р-5 (н-бутил-ацетат-30, ксилол-40, ацетон-30)	$C_{5,309} H_{8,655} O_{0,897}$	86,8	-9	---	6,30343	1378,851	245,039	-15÷100	1,57	ЛВЖ	43154
18	Растворитель Р-12 н-бутил-ацетат-30, ксилол-10, толуол-60)	$C_{6,837} H_{9,217} O_{0,515}$	99,6	+10	---	6,17297	1403,079	221,483	0÷100	1,26	ЛВЖ	43154
19	Растворитель М (н-бутил-ацетат-30, этилацетат-5, этиловый спирт-60, изобутиловый спирт-5)	$C_{2,761} H_{7,147} O_{1,187}$	59,36	+6	+397	8,05697	2083,566	267,735	0÷50	2,79	ЛВЖ	36743

ТКП 474-2013

Окончание таблицы Е.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20	Растворитель РМЛ (ТУКУ 467-56) (толуол-10, этиловый спирт-64, н-бутиловый спирт-10, этилцеллозольв-16)	$C_{2,645} H_{6,810} O_{1,038}$	55,24	+10	+374	8,69654	2487,728	290,920	0÷50	2,85	ЛВЖ	40936
21	Растворитель РМЛ-218 (МРТУ 6-10-729-68) (н-бутилацетат-9, ксилол-21, 5, толуол-21, 5, этиловый спирт-16, н-бутиловый спирт-3, этилцеллозольв-13, этилацетат-16)	$C_{4,791} H_{8,318} O_{0,974}$	81,51	+4	+399	7,20244	1761,043	251,546	0÷50	1,72	ЛВЖ	43154
22	Растворитель РМЛ-315 (ТУ 6-10-1013-70) (н-бутилацетат-18, ксилол-25, толуол-25, н-бутиловый спирт-15, этилцеллозольв-17)	$C_{5,962} H_{9,779} O_{0,845}$	94,99	+16	+367	6,83653	1699,687	241,00	0÷50	1,25	ЛВЖ	43154
23	Уайт-спирит (ГОСТ 3134-52)	$C_{10,5} H_{21,0}$	147,3	+33	+250	7,13623	2218,3	273,15	20÷80	0,7	ЛВЖ	43966

Таблица Е.3 – Значения низшей теплоты сгорания твердых горючих веществ и материалов

Вещества и материалы	Низшая теплота сгорания $Q_{н}^p$, МДж·кг ⁻¹
Бумага:	
разрыхленная	13,40
книги, журналы	13,40
книги на деревянных стеллажах	13,40
Древесина (бруски $W = 14\%$)	13,80
Древесина (мебель в жилых и административных зданиях $W = 8-10\%$)	13,80
Кальций (стружка)	15,80
Канифоль	30,40
Кинопленка триацетатная	18,80
Капрон	31,09
Карболитовые изделия	26,90
Каучук СКС	43,89
Каучук натуральный	44,73
Каучук хлоропреновый	27,99
Краситель жировой 5С	33,18
Краситель 9-78Ф п/э	20,67
Краситель фталоцианотен 4 "З" М	13,76
Ледерин (кожзаменитель)	17,76
Линкруст поливинилхлоридный	17,08
Линолеум:	
масляный	20,97
поливинилхлоридный	14,31
поливинилхлоридный двухслойный	17,91
поливинилхлоридный на войлочной основе	6,57
поливинилхлоридный на тканевой основе	20,29
Линопор	19,71
Магний	25,10
Мипора	17,40
Натрий металлический	10,88
Органическое стекло	27,67
Полистирол	39,00
Резина	33,52
Текстолит	20,90
Торф	16,60
Пенополиуретан	24,30
Волокно штапельное	13,80
Волокно штапельное в кипе 40×40×40 см	13,80
Полиэтилен	47,14
Полипропилен	45,67
Хлопок в тюках = 190 кг · м ⁻³	16,75
Хлопок разрыхленный	15,70
Лен разрыхленный	15,70
Хлопок + капрон (3:1)	16,20

Таблица Е.4 – Значения критических плотностей падающих лучистых потоков

Материалы	$q_{кр}$, кВт·м ⁻²
Древесина (сосна, влажность 12 %)	13,9
Древесно-стружечная плита плотностью 417 кг · м ⁻³	8,3
Торф брикетный	13,2
Торф кусковой	9,8
Хлопок-волокно	7,5
Слоистый пластик	15,4
Стеклопластик	15,3
Пергамин	17,4
Резина	14,8
Уголь	35,0
Рулонная кровля	17,4
Картон серый	10,8
Декоративный бумажно-слоистый пластик, ГОСТ 9590-76	19,0
Декоративный бумажно-слоистый пластик, ТУ 400-1-18-64	24,0
Металлопласт, ТУ 14-1-4003-85	24,0
Металлопласт, ТУ 14-1-4210-86	27,0
Плита древесно-волокнистая, ГОСТ 8904-81	13,0
Плита древесно-стружечная, ГОСТ 10632-77	12,0
Плита древесно-стружечная с отделкой «Полиплен», ГОСТ 21-29-94-81	12,0
Плита древесно-волокнистая с лакокрасочным покрытием под ценные породы дерева, ГОСТ 8904-81	12,0
Плита древесно-волокнистая с лакокрасочным покрытием под ценные породы дерева, ТУ 400-1-199-80	16,0
Винилискожа обивочная пониженной горючести, ТУ 17-21-488-84	30,0
Винилискожа, ТУ 17-21-473-84	32,0
Кожа искусственная «Теза», ТУ 17-21-488-84	17,9
Кожа искусственная «ВИК-Т» на ткани 4ЛХ, ТУ 17-21-328-80	20,0
Стеклопластик на полиэфирной основе, ТУ 6-55-15-88	14,0
Лакокрасочные покрытия РХО, ТУ 400-1-120-85	25,0
Обои моющиеся ПВХ на бумажной основе, ТУ 21-29-11-72	12,0
Линолеум ПВХ однослойный, ГОСТ 14632-79	10,0
Линолеум алкидный, ГОСТ 19247-73	10,0
Линолеум ПВХ марки ТН-2, ТУ 21-29-5-69	12,0
Линолеум рулонный на тканевой основе	12,0
Линолеум ПВХ, ТУ 480-1-237-86:	
- с применением полотна, ТУ 17-14-148-81	7,2
- с применением полотна, ТУ 17-РСФСР-18-17-003-83	6,0
- на подоснове «Неткол»	9,0
Дорожка прутковая чистошерстяная, ТУ 17-Таджикская ССР-463-84	9,0
Покрытие ковровое, прошивное, ОСТ 17-50-83, арт. 5867	22,0
Покрытие ковровое для пола рулонное «Ворсолон», ТУ 21-29-12-72	5,0
Покрытие ковровое иглопробивное «Мистра-1», ТУ 17-Эстонская ССР-266-80	6,0
Покрытие ковровое иглопробивное «Мистра-2», ТУ 17-Эстонская ССР-266-80	5,0
Покрытие ковровое иглопробивное «Вестра», ТУ 17-Эстонская ССР-551-86	5,0
Покрытие ковровое типа А, ТУ 21-29-35, арт. 10505	4,0
Сено, солома (при минимальной влажности до 8 %)	7,0
Легковоспламеняющиеся, горючие и трудногорючие жидкости при температуре самовоспламенения, °С:	
300	12,1
350	15,5
400	19,9
500 и выше	28,0

Библиография

- [1] Минэнерго СССР
ПУЭ Правила устройства электроустановок (шестое издание)
- [2] Строительные нормы Беларуси
СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха
Утверждены Приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 30.12.2003 № 259
- [3] Строительные нормы Беларуси
СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология
Утверждены Приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 07.12.2000 № 563

Ответственный за выпуск *С.М. Малашенко*

Подписано в печать с готового оригинала-макета 25.03.2013. Формат бумаги 60x84/8. Бумага 80 г/м².
Гарнитура «Arial». Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,63. Уч.-изд. л. 8,01. Тираж 300 экз. Заказ № 493

Подготовлены к изданию учреждением «Научно-исследовательский
институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»
МЧС Республики Беларусь
220046, г. Минск, ул. Солтыса, 183а

Отпечатано в типографии УП «Промбытсервис».
Лицензия на право осуществления полиграфической
деятельности от 03.04.2009 № 02330 / 0494132
220114, г. Минск, ул. Ф. Скорины, д. 14, к. 203.
Тел.: +375 /17 / 267-27-67, +375 /17 / 266-38-76