

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ
СОЮЗА ССР

СИСТЕМА СТАНДАРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

ГОСТ 12.0.001–82 (СТ СЭВ 829–77), ГОСТ 12.0.002–80 (СТ СЭВ 1084–78), ГОСТ 12.0.003–74 (СТ СЭВ 790–77), ГОСТ 12.0.004–79, ГОСТ 12.0.005–84, ГОСТ 12.1.002–84, ГОСТ 12.1.004–85, ГОСТ 12.1.005–76, ГОСТ 12.1.006–84 (СТ СЭВ 5801–86), ГОСТ 12.1.007-76 – ГОСТ 12.1.010-76 (СТ СЭВ 3517–81), ГОСТ 12.1.011–78 (СТ СЭВ 2775–80), ГОСТ 12.1.012–78 (СТ СЭВ 1932–79 и СТ СЭВ 2602–80), ГОСТ 12.1.013–78, ГОСТ 12.1.014–84, ГОСТ 12.1.015–79, ГОСТ 12.1.016–79, ГОСТ 12.1.018–86 (СТ СЭВ 5037–85), ГОСТ 12.1.019–79 (СТ СЭВ 4830–84), ГОСТ 12.1.020–79 (СТ СЭВ 5710–86), ГОСТ 12.1.024–81 (СТ СЭВ 3076–81), ГОСТ 12.1.025–81 (СТ СЭВ 3080–81), ГОСТ 12.1.026–80 (СТ СЭВ 1412–78), ГОСТ 12.1.027–80 (СТ СЭВ 1414–78)

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва

gost.e-ecolog.ru

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ
СОЮЗА ССР

СИСТЕМА СТАНДАРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

ГОСТ 12.0.001–82 (СТ СЭВ 829–77), ГОСТ 12.0.002–80 (СТ СЭВ 1084–78), ГОСТ 12.0.003–74 (СТ СЭВ 790–77), ГОСТ 12.0.004–79, ГОСТ 12.0.005–84, ГОСТ 12.1.002–84, ГОСТ 12.1.004–85, ГОСТ 12.1.005–76, ГОСТ 12.1.006–84 (СТ СЭВ 5801–86), ГОСТ 12.1.007-76 – ГОСТ 12.1.010-76 (СТ СЭВ 3517–81), ГОСТ 12.1.011–78 (СТ СЭВ 2775–80), ГОСТ 12.1.012–78 (СТ СЭВ 1932–79 и СТ СЭВ 2602–80), ГОСТ 12.1.013–78, ГОСТ 12.1.014–84, ГОСТ 12.1.015–79, ГОСТ 12.1.016–79, ГОСТ 12.1.018–86 (СТ СЭВ 5037–85), ГОСТ 12.1.019–79 (СТ СЭВ 4830–84), ГОСТ 12.1.020–79 (СТ СЭВ 5710–86), ГОСТ 12.1.024–81 (СТ СЭВ 3076–81), ГОСТ 12.1.025–81 (СТ СЭВ 3080–81), ГОСТ 12.1.026–80 (СТ СЭВ 1412–78), ГОСТ 12.1.027–80 (СТ СЭВ 1414–78)

Издание официальное

Москва – 1989

© Издательство стандартов, 1989

УДК 614.84:006.354 Группа Т58

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

Система стандартов безопасности труда
ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Общие требования
Occupational safety standards system.
Fire safety. General requirements

ГОСТ
12.1.004–85

Взамен
ГОСТ 12.1.004–76

ОКСТУ 0012

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 28 марта 1985 г. № 916 срок действия установлен

с 01.07.86
до 01.07.91

Настоящий стандарт устанавливает общие требования пожарной безопасности к объектам различного назначения всех отраслей народного хозяйства при их строительстве и эксплуатации.

В области строительства зданий и сооружений настоящим стандартом следует руководствоваться при разработке норм проектирования, а также при разработке проектов строительства зданий и сооружений, на которые отсутствуют нормы проектирования, утвержденные в установленном порядке.

Термины, применяемые в стандарте, и их пояснения приведены в приложении 1.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться:
системой предотвращения пожара;
системой противопожарной защиты;
организационно-техническими мероприятиями.

1.2. Системы предотвращения пожара и противопожарной защиты в совокупности должны исключать воздействие на людей опасных факторов пожара, имеющих значения, превышающие допустимые. Вероятность воздействия указанных факторов не должна превышать нормативную, равную 10^{-6} в год в расчете на каждого человека. Метод определения вероятности воздействия опасных факторов пожара на людей приведен в приложении 2.

Издание официальное ★

Перепечатка воспрещена

Переиздание. Сентябрь 1988 г.

1.3. Системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, обеспечивающие сохранность материальных ценностей, следует применять при наличии экономической эффективности от их внедрения или социальной значимости объекта, определяемой директивными органами в установленном порядке.

1.3.1. Экономическая эффективность должна рассчитываться с учетом вероятности возникновения пожара и возможного ущерба от него. Метод определения вероятности возникновения пожара (взрыва) в объекте приведен в приложении 3, метод определения экономического эффекта от создания и использования пожарной техники, огнетушащих веществ и пожарно-профилактических мероприятий – в приложении 4.

1.3.2. Расчет вероятности возникновения пожара и (или) взрыва на объекте проводится с учетом максимально возможной массы газов, паров или пылей, находящихся на объекте, а также с учетом размеров взрывопожароопасных зон, образующихся в аварийных ситуациях. Метод определения максимально возможной массы обращающихся в производстве горючих газов, паров и пылей и размеров взрывопожароопасных зон при аварийном поступлении горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей в помещение, приведен в приложении 5.

1.4. Вероятность возникновения пожара в (от) электротехническом и другом единичном изделии не должна превышать 10^{-6} в год. Метод определения вероятности возникновения пожара в (от) электротехнических изделиях приведен в приложении 6.

1.5. Примеры расчета показателей по пп. 1.2–1.4 приведены в приложении 7.

Для определения экономической эффективности по приложению 4 необходимо знать площадь пожара. Метод определения площади пожара приведен в приложении 8.

1.6. Пожарная безопасность объекта и его составных частей должна обеспечиваться как при эксплуатации, так и в случаях реконструкции, ремонта или аварийной ситуации.

1.7. Опасными факторами пожара, воздействующими на людей, являются:

открытый огонь и искры;

повышенная температура окружающей среды, предметов и т.п.;

токсичные продукты горения;

дым;

пониженная концентрация кислорода;

падающие части строительных конструкций, агрегатов, установок и т.п.;

опасные факторы взрыва – по ГОСТ 12.1.010–76.

1.8. Сбор, определение и обобщение данных, необходимых для расчета показателей по пп. 1.2–1.4, производится министерствами и ведомствами, в систему которых входят объекты. При отсутствии необходимых данных допускается получать их путем анализа данных по другим объек-

там, имеющим аналогичные конструктивные и технические элементы.

1.9. Данные о специфике пожарной опасности объекта, нормы и правила пожарной безопасности в связи с этой спецификой, конкретные виды систем предотвращения пожара и противопожарной защиты, вид, количество технических средств предотвращения пожара и противопожарной защиты и требования к их исполнению, организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара и противопожарной защиты должны содержаться в стандартах и других нормативных документах.

1.10. Качественные и количественные показатели эффективности технических средств предотвращения пожара и противопожарной защиты и технические требования к их конструктивному исполнению должны содержаться в стандартах и других нормативных документах.

1.11. Сведения о показателях пожарной опасности веществ, материалов и изделий должны содержаться в стандартах, технических условиях и паспортах на них.

2. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОЖАРА

2.1. Предотвращение пожара должно достигаться:

предотвращением образования горючей среды;

предотвращением образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания.

2.2. Предотвращение образования горючей среды должно обеспечиваться:

максимально возможным применением негорючих и трудногорючих веществ и материалов;

ограничением массы и (или) объема горючих веществ, материалов и наиболее безопасным способом их размещения;

изоляцией горючей среды;

поддержанием концентрации горючих газов, паров, взвесей и (или) окислителя в смеси вне пределов их воспламенения;

достаточной концентрацией флегматизатора в воздухе защищаемого объекта (его составной части);

поддержанием ее температуры и давления, при которых распространение пламени исключается;

максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ;

установкой пожароопасного оборудования по возможности в изолированных помещениях или на открытых площадках;

применением для горючих веществ герметичного оборудования и тары;

применением устройств защиты производственного оборудования с горючими веществами от повреждений и аварий, установкой отключающих, отсекающих и других устройств;

применением изолированных отсеков, камер, кабин и т. п.

2.3. Предотвращением образования в горючей среде источников зажигания должно достигаться:

применением машин, механизмов, оборудования, устройств при эксплуатации которых не образуются источники зажигания;

применением электрооборудования, соответствующего пожароопасной и взрывоопасной зонам, группе и категории взрывоопасной смеси в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок;

применением в конструкции быстродействующих средств защитного отключения возможных источников зажигания;

применением технологического процесса и оборудования, удовлетворяющего требованиям электростатической искробезопасности по ГОСТ 12.1.018–86;

устройством молниезащиты зданий, сооружений и оборудования;

поддержанием температуры нагрева поверхностей машин, механизмов, оборудования, устройств, веществ и материалов, которые могут войти в контакт с горючей средой, ниже предельно допустимой, составляющей 80 % от наименьшей температуры самовоспламенения горючего;

исключением возможности появления искрового разряда в горючей среде с энергией равной и выше минимальной энергии зажигания;

применением неискрящего инструмента при работе с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами;

ликвидацией условий для теплового, химического и (или) микробиологического самовозгорания обращающихся веществ, материалов, изделий и конструкций. Порядок совместного хранения веществ и материалов осуществляют в соответствии с приложением 9;

устранением контакта с воздухом пирофорных веществ;

уменьшением определяющего размера горючей среды ниже предельно допустимого по горючести;

выполнением установленных правил пожарной безопасности.

2.4. Ограничение массы и (или) объема горючих веществ и материалов, а также наиболее безопасный способ их размещения должны достигаться:

уменьшением массы и (или) объема горючих веществ и материалов, находящихся одновременно в помещении или на открытых площадках;

устройством аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры;

периодической очисткой территории, на которой располагается объект, помещений, коммуникаций, аппаратуры от горючих отходов, отложений пыли, пуха и т. п.;

сокращением числа рабочих мест, где используются пожароопасные вещества;

удалением пожароопасных отходов производства;

заменой легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих (ГЖ) жидкостей на пожаробезопасные технические моющие средства.

3. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ

3.1. Противопожарная защита должна обеспечиваться:

применением средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники;

применением автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;

применением основных строительных конструкций объектов с регламентированными пределами огнестойкости и пределами распространения огня;

применением пропитки конструкций объектов антипиренами и нанесением на их поверхности огнезащитных красок (составов);

устройствами, обеспечивающими ограничение распространения пожара;

организацией своевременной эвакуации людей;

применением средств коллективной и индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожара;

применением систем противодымной защиты.

3.2. Огнестойкость зданий и сооружений должна быть такой, чтобы строительные конструкции сохраняли свои несущие и ограждающие функции при пожаре в течение времени, необходимого для обеспечения безопасности людей и тушения пожара пожарными подразделениями.

3.3. Ограничение распространения пожара за пределы очага должно обеспечиваться:

устройством противопожарных преград;

установлением предельно допустимых площадей противопожарных отсеков и секций, ограничением этажности;

устройством аварийного отключения и переключения установок и коммуникаций;

применением средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре;

применением огнепреграждающих устройств в оборудовании.

3.4. Для каждого вида пожарной техники должны быть определены:

количество, быстродействие и производительность установок пожаротушения;

допустимые огнетушащие вещества (в том числе с позиции их совместимости с горящими веществами, материалами);

источники и средства подачи воды для пожаротушения;

нормативный (расчетный) запас специальных огнетушащих веществ (порошковых, газовых, пенных, комбинированных);

необходимая скорость наращивания подачи огнетушащих веществ с помощью транспортных средств оперативных пожарных служб;

порядок хранения веществ и материалов, тушение которых недопустимо одними и теми же средствами, в зависимости от их физико-химичес-

ких и пожароопасных свойств;

основные виды, размещение и обслуживание пожарной техники – по ГОСТ 12.4.009–83.

Применяемые виды пожарной техники должны обеспечивать эффективное тушение пожара (загорания) и быть безопасными для людей.

3.5. Каждый объект должен иметь такое объемно-планировочное и техническое исполнение, чтобы эвакуация людей из него была завершена до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара, а при нецелесообразности эвакуации была обеспечена защита людей в объекте. Для обеспечения эвакуации необходимо:

установить количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей, выходов;

обеспечить возможность беспрепятственного движения людей по эвакуационным путям;

организовать при необходимости управление движением людей по эвакуационным путям (световые указатели, звуковое и речевое оповещение и т. п.).

3.6. Средства коллективной и индивидуальной защиты должны обеспечивать безопасность людей в течение всего времени действия опасных факторов пожара.

Средства индивидуальной защиты следует применять также для пожарных, участвующих в тушении пожара.

Коллективную защиту следует обеспечивать с помощью пожаробезопасных убежищ или других конструктивных решений.

3.7. Система противодымной защиты должна обеспечивать незадымление, снижение температуры и удаление продуктов горения на путях эвакуации в течение времени, достаточного для эвакуации людей и (или) коллективную защиту людей в соответствии с требованиями п. 3.6.

3.8. На каждом объекте народного хозяйства должно быть обеспечено своевременное оповещение людей и (или) сигнализация о пожаре в его начальной стадии техническими или организационными средствами.

4. ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1. Организационно-технические мероприятия должны включать:

организацию пожарной охраны (в установленном порядке) соответствующего вида (профессиональной, добровольной и т. п.), численности и технической оснащенности;

паспортизацию веществ, материалов, изделий, технологических процессов и объектов в части обеспечения пожарной безопасности;

широкое привлечение общественности к вопросам обеспечения пожарной безопасности;

организацию обучения рабочих, служащих, колхозников, учащихся

и населения правилами пожарной безопасности;

разработку и реализацию норм и правил пожарной безопасности, инструкций о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и о действиях людей при возникновении пожара;

разработку мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организации эвакуации людей;

изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ТЕРМИНЫ И ИХ ПОЯСНЕНИЯ

Термин	Пояснение
Пожар	По СТ СЭВ 383–76
Объект	Здание и сооружение (независимо от назначения), наружная установка, транспортное средство, места открытого хранения материалов, в пределах которых возможно присутствие людей и (или) материальных ценностей с учетом технологических процессов, оборудования, изделий
Пожарная опасность объекта	Состояние объекта, заключающееся в возможности возникновения пожара и его последствий
Пожарная безопасность	По ГОСТ 12.1.033–81
Система предотвращения пожара	По ГОСТ 12.1.033–81
Фактор пожара опасный	По ГОСТ 12.1.033–81
Система противопожарной защиты	По ГОСТ 12.1.033–81
Защита противодымная	По ГОСТ 12.1.033–81
Горючесть	По СТ СЭВ 383–76
Горючая среда	Среда, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания
Допустимые значения опасных факторов пожара	Значения опасных факторов пожара, вызывающие отравление, травмирование или гибель человека в течение установленного времени

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Обязательное

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА НА ЛЮДЕЙ

Настоящий метод устанавливает порядок расчета вероятности воздействия опасных факторов пожара на людей и обоснования технических решений, необходимых для обеспечения безопасности людей в зданиях и сооружениях.

1. Сущность метода

1.1. Показателем оценки уровня обеспечения безопасности людей при пожарах в объектах является вероятность предотвращения воздействия ($Г_в$) опасных факторов пожара (ОФП), перечень которых определяется настоящим стандартом.

1.2. Вероятность предотвращения воздействия ОФП определяют для пожароопасной ситуации, при которой место возникновения пожара находится на первом этаже вблизи одного из эвакуационных выходов из здания (сооружения).

2. Основные расчетные зависимости

2.1. Вероятность предотвращения воздействия ОФП на людей в объекте вычисляют по формуле

$$P_в = 1 - Q_в, \qquad (1)$$

где $Q_в$ – расчетная вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год.

Уровень обеспечения безопасности людей при пожарах отвечает требуемому, если

$$Q_в \leqslant Q_в^н, \qquad (2)$$

где $Q_в^н$ – нормативная вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год.

Нормативную вероятность $Q_в$ принимают в соответствии с настоящим стандартом.

2.2. Вероятность $Q_в$ вычисляют для людей в каждом здании (помещении) по формуле

$$Q_в = Q_п (1 - P_э) (1 - P_{п.з}), \qquad (3)$$

где $Q_п$ – вероятность возникновения пожара в здании в год. Величину $Q_п$ вычисляют по рекомендуемому приложению 3;

$P_э$ – вероятность эвакуации людей;

$P_{п.з}$ – вероятность эффективной работы технических решений противопожарной защиты.

2.3. Вероятность эвакуации $P_э$ вычисляют по формуле

$$P_э = 1 - (1 - P_{э.п}) (1 - P_{дв}), \qquad (4)$$

где $P_{э.п}$ – вероятность эвакуации по эвакуационным путям;

$P_{дв}$ – вероятность эвакуации по наружным эвакуационным лестницам, переходам в смежные секции здания.

2.4. Вероятность $P_{э.п}$ вычисляют по зависимости

$$P_{э.п} = \begin{cases} \dfrac{\tau_{бл} - t_р}{\tau_{н.э}}, & \text{если } t_р < \tau_{бл} < t_р + \tau_{н.э}; \\ 0{,}999, & \text{если } t_р + \tau_{н.э} \leqslant \tau_{бл}; \\ 0, & \text{если } t_р \geqslant \tau_{бл}, \end{cases} \qquad (5)$$

где $\tau_{бл}$ – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения, мин;

$t_р$ – расчетное время эвакуации людей, мин;

$\tau_{н.э}$ – интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей, мин.

Величину $t_р$ вычисляют в соответствии с требованиями строительных норм и правил проектирования зданий и сооружений, утвержденных Госстроем СССР.

2.5. Время $\tau_{бл}$ вычисляют путем расчета значений допустимой концентрации дыма и других ОФП на эвакуационных путях в различные моменты времени. Допускается время $\tau_{бл}$ принимать равным необходимому времени эвакуации $t_{нб}$, определяемому в соответствии с требованиями строительных норм и правил проектирования зданий и сооружений, утвержденных Госстроем СССР.

Значение времени начала эвакуации $\tau_{н.э}$ для зданий (сооружений) без систем оповещения вычисляют по результатам исследования поведения людей при пожарах в зданиях конкретного назначения.

Примечание. Зданиями (сооружениями) без систем оповещения считаются те здания (сооружения), возникновение пожара внутри которых может быть замечено одновременно всеми находящимися там людьми.

При наличии в здании системы оповещения о пожаре величину $\tau_{н.э}$ принимают равной времени срабатывания системы с учетом ее инерционности. При отсутствии необходимых исходных данных для определения времени начала эвакуации в зданиях (сооружениях) без систем оповещения величину $\tau_{н.э}$ следует принимать равной 0,5 мин – для этажа пожара и 2 мин – для вышележащих этажей.

Если местом возникновения пожара является зальное помещение, где пожар может быть обнаружен одновременно всеми находящимися в нем людьми, то $\tau_{н.э}$ допускается принимать равным нулю. В этом случае вероятность $P_{э.п}$ вычисляют по зависимости

$$P_{э.п} = \begin{cases} 0{,}999, & \text{если } t_р \leqslant t_{нб}; \\ 0, & \text{если } t_р > t_{нб}, \end{cases} \qquad (6)$$

где $t_{нб}$ – необходимое время эвакуации, мин, определяемое в соответствии с требованиями строительных норм и правил проектирования зданий и сооружений, утвержденных Госстроем СССР.

При наличии в здании незадымляемых лестничных клеток, вероятность $Q_в$ для людей, находящихся в помещениях, расположенных выше этажа пожара, вычисляют по формуле

$$Q_в = Q_п\,(1 - P_{п.з}). \qquad (7)$$

2.6. Вероятность эвакуации людей $P_{дв}$ по наружным эвакуационным лестницам и другим путям эвакуации принимают равной 0,05 – в жилых зданиях; 0,03 – в остальных при наличии таких путей; 0,001 – при их отсутствии.

2.7. Вероятность эффективного срабатывания противопожарной защиты $P_{п.з}$ вычисляют по формуле

$$P_{п.з} = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - R_i), \qquad (8)$$

где n – число технических решений противопожарной защиты в здании;

R_i – вероятность эффективного срабатывания i-го технического решения.

2.8. Для эксплуатационных зданий (сооружений) расчетную вероятность воздействия ОФП на людей допускается вычислять с использованием статистических данных по формуле

$$Q_в = \frac{1,5}{T} \frac{M_ж}{N_0}, \qquad (9)$$

где T – рассматриваемый период эксплуатации однотипных зданий (сооружений), год;

N_0 – общее число людей, находящихся в зданиях (сооружениях);

$M_ж$ – число жертв пожара в рассматриваемой группе зданий (сооружений) за период T.

Однотипными считаются здания (сооружения) с одинаковой категорией пожарной опасности, одинакового функционального назначения и с близкими основными параметрами: геометрическими размерами, конструктивными характеристиками, количеством горючей нагрузки, вместимостью (числом людей в здании), производственными мощностями.

3. Оценка уровня обеспечения безопасности людей

3.1. При наличии необходимых статистических данных о пожарах к эксплуатируемом здании (сооружении) или группе однотипных зданий (сооружений), уровень противопожарной защиты людей должен оцениваться по расчетной вероятности $Q_в$, определяемой по (9).

3.2. Для проектируемых зданий (сооружений) вероятность первоначально оценивают по (3) при $P_э$ равной нулю. Если при этом выполняется условие $Q_в \leqslant Q_в^н$, то безопасность людей в зданиях (сооружениях) обеспечена на требуемом уровне системой предотвращения пожара. Если это условие не выполняется, расчет вероятности воздействия ОФП на людей $Q_в$ следует производить по расчетным зависимостям, приведенным в разд. 2.

3.3. Допускается оценивать уровень обеспечения безопасности людей в зданиях (сооружениях) по значению вероятности $Q_в$ в одном или нескольких помещениях, наиболее удаленных от выходов в безопасную зону (например, верхние этажи многоэтажных зданий).

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Обязательное

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА (ВЗРЫВА) В ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОМ ОБЪЕКТЕ

Настоящий метод устанавливает порядок расчета вероятности возникновения пожара (взрыва) в объекте и изделии.

1. Сущность метода

1.1. Вероятность возникновения пожара (взрыва) в пожаровзрывоопасном объекте определяют на этапах его проектирования, строительства и эксплуатации.

1.2. Для расчета вероятности возникновения пожара (взрыва) на действующих или строящихся объектах необходимо располагать статистическими данными о времени существования различных пожаровзрывоопасных событий. Вероятность возникновения пожара (взрыва) в проектируемых объектах определяют на основе показателей надежности элементов объекта, позволяющих рассчитывать вероятность отказов производственного оборудования, систем контроля и управления, а также других устройств, составляющих объект, которые приводят к реализации различных пожаровзрывоопасных событий.

Под пожаровзрывоопасными понимают события, реализация которых приводит к образованию горячей среды и появлению источника зажигания.

1.3. Численные значения необходимых для расчетов вероятности возникновения пожара (взрыва) показателей надежности различных технологических аппаратов, систем управления, контроля, связи и тому подобных, используемых при проектировании объекта, или исходные данные для их расчета выбирают в соответствии с ГОСТ 2.106–68, ГОСТ 2.118–73, ГОСТ 2.119–73, ГОСТ 2.120–73 и ГОСТ 15.001–73, из нормативно-технической документации, стандартов и паспортов на элементы объекта. Необходимые сведения могут быть получены в результате сбора и обработки статистических данных об отказах анализируемых элементов в условиях эксплуатации.

Сбор необходимых статистических данных производят по единой программе входящей в состав настоящего метода.

1.4. Пожаровзрывоопасность любого объекта определяется пожаровзрывоопасностью его составных частей (технологических аппаратов, установок, помещений). Вероятность возникновения пожара (взрыва) в объекте в течение года $Q\ (ПЗ)$ вычисляют по формуле

$$Q\ (ПЗ) = 1 - \prod_{i=1}^{n} [1 - Q_i\ (ПП)], \qquad (1)$$

где $Q\ (ПЗ)$ – вероятность возникновения пожара в объекте (под объектом в данном случае понимается здание) в течение года;

$Q_i\ (ПП)$ – вероятность возникновения пожара в i-м помещении объекта в течение года;

n – количество помещений в объекте.

1.5. Возникновение пожара (взрыва) в любом из помещений объекта (событие *ПП*) обусловлено возникновением пожара (взрыва) или в одном из технологических аппаратов, находящихся в этом помещении (событие $ПТА_j$), или непосредственно в объеме исследуемого помещения (событие $ПО_i$). Вероятность $Q_i\ (ПП)$ вычисляют по формуле

$$Q_i\ (ПП) = 1 - \left\{ \prod_{j=1}^{m} [1 - Q_j\ (ПТА)] \right\} \cdot [1 - Q_i\ (ПО)], \qquad (2)$$

где Q_j *(ПТА)* – вероятность возникновения пожара в *j*-м технологическом аппарате *i*-го помещения в течение года;

Q_i *(ПО)* – вероятность возникновения пожара непосредственно в объеме *i*-го помещения в течение года;

m – количество технологических аппаратов в *i*-м помещении.

1.6. Возникновение пожара (взрыва) в любом из технологических аппаратов (событие $ПТА_j$) или непосредственно в объеме помещения (событие $ПО_i$) обусловлено совместным образованием горючей среды (событие *ГС*) в рассматриваемом элементе объекта и появлением в этой среде источника зажигания (событие *ИЗ*). Вероятность Q_i *(ПО)* или Q_j *(ПТА)* возникновения пожара в рассматриваемом элементе объекта определяют умножением вероятности Q_i (ГС) образования горючей среды на вероятность Q_i *(ИЗ)* появления в ней источника зажигания.

Если события *ГС* и *ИЗ* независимы, то

$$Q_i\ (ПО) = Q_i\ (ГС) \cdot Q_i\ (ИЗ). \qquad (3)$$

Если же события *ГС* и *ИЗ* взаимозависимы, то

$$Q_i\ (ПО) = Q_i\ (ГС) \cdot Q_i\ (ИЗ/ГС) = Q_i\ (ИЗ) \cdot Q_i\ (ГС/ИЗ), \qquad (4)$$

где Q_i *(ГС/ИЗ)* – условная вероятность образования горючей среды в *i*-м помещении при условии появления в ней источника зажигания;

Q_i *(ИЗ/ГС)* – условная вероятность появления источника зажигания в *i*-м помещении при условии образования горячей среды.

2. Расчет вероятности образования горючей среды

2.1. Образование горючей среды (событие *ГС*) в рассматриваемом элементе объекта обусловлено совместным появлением в нем достаточного количества горючего вещества или материала (событие *ГВ*) и окислителя (событие *ОК*) с учетом параметров состояния (температуры, давления и т. д.). Вероятность Q_i (ГС) для случая независимости событий *ГВ* и *ОК* вычисляют по формуле

$$Q_i\ (ГС) = Q_i\ (ГВ) \cdot Q_i\ (ОК), \qquad (5)$$

где Q_i *(ГВ)* – вероятность появления достаточного для образования горючей среды количества горючего вещества в *i*-м элементе объекта в течение года;

Q_i *(ОК)* – вероятность появления достаточного для образования горючей среды количества окислителя в *i*-м элементе объекта в течение года.

2.2. Определение количества горючего вещества (газа, пара, пыли), достаточного для образования взрывоопасной смеси в помещении, производят в соответствии с рекомендуемым приложением 5.

2.3. Появление в исследуемом элементе горючего вещества (материала) определяется возможностью появления в нем при пуске, нормальном режиме работы, остановке технологического процесса или при ремонте элемента, хотя бы одного вида горючего вещества (твердого, жидкого, газообразного и т.д.). Вероятность появления в рассматриваемом элементе объекта горючего вещества Q_i *(ГВ)* вычисляют по формуле

$$Q_i\ (ГВ) = 1 - \prod_{k=1}^{m} [1 - Q_i\ (ГВ_k)], \qquad (6)$$

где $Q_i\ (ГВ_k)$ – вероятность появления в *i*-м элементе объекта *k*-го горючего вещества (газа, пара, пыли и т. д.) в течение года;

m – количество видов горючих веществ, которые могут появиться в *i*-м элементе объекта.

2.3.1. Появление в рассматриваемом элементе объекта горючего вещества k вида, является следствием реализации любой из a_n причин. Вероятность $Q_i\ (ГВ_k)$ вычисляют по формуле

$$Q_i\ (ГВ_k) = 1 - \prod_{n=1}^{z} [1 - Q_i\ (a_n)], \qquad (7)$$

где $Q_i\ (a_n)$ – вероятность реализации любой из a_n причин, приведенных ниже;

$Q_i\ (a_1)$ – вероятность постоянного присутствия в i-м элементе объекта горючего вещества k-го вида;

$Q_i\ (a_2)$ – вероятность разгерметизации аппаратов или коммуникаций с горючим веществом, расположенных в i-м элементе объекта;

$Q_i\ (a_3)$ – вероятность образования горючего вещества в результате химической реакции в i-м элементе объекта;

$Q_i\ (a_4)$ – вероятность снижения концентрации флегматизатора в горючем газе, паре, жидкости или аэровзвеси i-го элемента объекта ниже минимально допустимой;

$Q_i\ (a_5)$ – вероятность нарушения периодичности очистки i-го элемента объекта от горючих отходов, отложений пыли, пуха и т. д.;

z – количество a_n причин, характерных для i-го элемента объекта;

n – порядковый номер причины.

2.3.2. На действующих и строящихся объектах вероятность $Q_i\ (a_n)$ реализации в i-м элементе объекта a_n причины, приводящей к появлению k-го горючего вещества, вычисляют на основе статистических данных о времени существования этой причины по формуле

$$Q_i\ (a_n) = \frac{K_б}{\tau_р} \cdot \sum_{j=1}^{m} \tau_j, \qquad (8)$$

где τ_j – время существования a_n-й причины появления k-го вида горючего вещества при j-й ее реализации в течение анализируемого периода времени, мин;

m – количество реализаций a_n-й причины в i-м элементе объекта за анализируемый период времени;

$\tau_р$ – анализируемый период времени, мин;

$K_б$ – коэффициент безопасности, определение которого изложено в разд. 4.

Общие требования к программе сбора и обработки статистических данных изложены в разд. 4.

2.3.3. В проектируемых элементах объекта вероятность $Q_i\ (a_n)$ вычисляют для периода нормальной эксплуатации элемента, как вероятность отказа технических устройств (изделий), обеспечивающих невозможность реализации a_n причины по формуле

$$Q_i\ (a_n) = 1 - P_i\ (a_n) = 1 - e^{-\lambda\tau}, \qquad (9)$$

где $P_i\ (a_n)$ – вероятность безотказной работы производственного оборудования (изделия), исключающего возможность реализации a_n-й причины;

λ – интенсивность отказов производственного оборудования (изделия), исключающего возможность реализации a_n-й причины $ч^{-1}$;

τ – общее время работы данного оборудования (изделия) за анализируемый период времени, ч.

2.3.4. Данные о надежности оборудования (изделия) приведены в нормативно-технической документации, стандартах и паспортах. Интенсивность отказов отдельных элементов, приборов и аппаратов приведена в разд. 5.

2.3.5. При отсутствии сведений о параметрах надежности анализируемого обору-

дования (изделия), последние определяют расчетным путем на основе статистических данных об отказах этого оборудования (изделия).

2.4. Появление в исследуемом элементе объекта окислителя (событие *ОК*) обусловлено возможностью попадания в него при пуске, остановке, работе, ремонте любого из характерных окислителей в количестве, достаточном для образования горючей среды. Вероятность $Q_i\ (OK)$ этого события вычисляют по формуле

$$Q_i\ (OK) = 1 - \prod_{k=1}^{m} [1 - Q_i\ (OK_k)], \qquad (10)$$

где $Q_i\ (OK_k)$ – вероятность появления в i-м элементе объекта k-го вида окислителя (воздуха, кислорода, озона, хлора и т. д.) в опасном количестве в течение года;

m – количество видов окислителей, которые могут появиться в i-м элементе объекта.

При оценке опасности появления окислителя в объеме помещения вероятность $Q_i(OK)$ принимают равной единице.

2.4.1. Появление в i-м элементе объекта k вида окислителя является следствием реализации любой из b_n причин.

Вероятность $Q_i\ (OK_k)$ вычисляют по формуле

$$Q_i\ (OK_k) = 1 - \prod_{n=1}^{z} [1 - Q_i(b_n)], \qquad (11)$$

где $Q_i\ (b_n)$ – вероятность реализации любой из b_n причин, приведенных ниже;

$Q_i\ (b_1)$ – вероятность того, что концентрация окислителя, подаваемого в смесь i-го элемента объекта, больше допустимой по горючести;

$Q_i\ (b_2)$ – вероятность подсоса окислителя в i-й элемент с горючим веществом;

$Q_i\ (b_3)$ – вероятность постоянного присутствия окислителя в i-м элементе объекта;

$Q_i\ (b_4)$ – вероятность вскрытия i-го элемента объекта с горючим веществом без предварительного пропаривания (продувки инертным газом);

z – количество b_n причин, характерных для i-го элемента объекта;

n – порядковый номер причины.

2.4.2. Вероятность $Q_i\ (b_n)$ реализации событий, обусловливающих возможность появления окислителя k-го вида в опасном количестве, вычисляют для проектируемых элементов по (9), а для строящихся и действующих элементов по (8).

2.4.3. Вероятность $Q_i\ (b_2)$ подсоса окислителя в аппарат с горючим веществом вычисляют, как вероятность совместной реализации двух событий: нахождения аппарата под разрежением (событие S_1) и разгерметизации аппарата (событие S_2) по формуле

$$Q_i\ (b_2) = Q_i\ (S_1) \cdot Q_i\ (S_2). \qquad (12)$$

2.4.4. Вероятность $Q_i\ (S_1)$ нахождения i-го элемента объекта под разрежением, в общем случае вычисляют по (8), принимают равной единице, если элемент во время работы постоянно находится под разрежением, и 0,5, если элемент с равной периодичностью находится под разрежением и давлением.

2.4.5. Вероятность $Q_i(S_2)$ разгерметизации i-го элемента на разных стадиях его разработки и эксплуатации вычисляют по (8) и (9).

2.5. При расчете вероятности образования в проектируемом элементе объекта горючей среды $Q_i\ (ГС)$, нарушения режимного характера не учитывают.

2.6. При необходимости учитывают и иные события, приводящие к образованию горючей среды.

3. Расчет вероятности появления источника зажигания (инициирования взрыва)

3.1. Появление источника зажигания (источника инициирования взрыва) в анализируемом элементе объекта (событие *ИЗ*) обусловлено появлением в нем теплового источника (событие *ТИ*) с энергией (температурой) и временем его контакта с горючей средой, достаточными для ее воспламенения (события *ЭИ* и *ВИ* соответственно).

Вероятность Q_i *(ИЗ)* появления источника зажигания в i-м элементе объекта вычисляют по формуле

$$Q_i\ (ИЗ) = Q_i\ (ТИ) \cdot Q_i\ (ЭИ) \cdot Q_i\ (ВИ), \qquad (13)$$

где Q_i *(ТИ)* – вероятность появления в течение года в i-м элементе объекта теплового источника;

Q_i *(ЭИ)* – условная вероятность того, что энергия (температура) появившегося в i-м элементе объекта теплового источника достаточна для зажигания горючей среды, находящейся в этом элементе;

Q_i *(ВИ)* – условная вероятность того, что время существования (контакта с горючей средой) появившегося в i-м элементе объекта теплового источника достаточно для воспламенения горючей среды.

3.2. Появление в анализируемом элементе объекта теплового источника (событие *ТИ*) есть результат появления в нем хотя бы одного из тепловых источников. Поэтому вероятность Q_i *(ТИ)* вычисляют по формуле

$$Q_i\ (ТИ) = 1 - \prod_{k=1}^{m} [1 - Q_i\ (ТИ_k)], \qquad (14)$$

где Q_i *(ТИ$_k$)* – вероятность появления в i-м элементе объекта в течение года k-го теплового источника;

k – порядковый номер теплового источника;

m – количество тепловых источников, которые могут появиться в i-м элементе объекта.

3.2.1. Разряд атмосферного электричества в анализируемом элементе объекта возможен или при поражении объекта молнией (событие C_1), или при вторичном ее воздействии (событие C_2), или при заносе в него высокого потенциала (событие C_3). Вероятность Q_i *(ТИ$_1$)* разряда атмосферного электричества в i-м элементе объекта вычисляют по формуле

$$Q_i\ (ТИ_1) = 1 - \prod_{n=1}^{3} [1 - Q_i\ (C_n)], \qquad (15)$$

где Q_i *(C$_n$)* – вероятность реализации любой из C_n причин, приведенных ниже:

Q_i *(C$_1$)* – вероятность поражения i-го элемента объекта молнией в течение года;

Q_i *(C$_2$)* – вероятность вторичного воздействия молнии на i-й элемент объекта в течение года;

Q_i *(C$_3$)* – вероятность заноса в i-й элемент объекта высокого потенциала в течение года;

n – порядковый номер причины.

3.2.2. Поражение i-го элемента объекта молнией возможно при совместной реализации двух событий – прямого удара молнии (событие t_2) и отсутствия, неисправности, неправильного конструктивного исполнения или отказа молниеотвода (событие t_1). Вероятность $Q_i(C_1)$ вычисляют по формуле

$$Q_i\ (C_1) = Q_i\ (t_1) \cdot Q_i\ (t_2), \qquad (16)$$

где $Q_i(t_1)$ – вероятность отсутствия, неисправности, неправильного конструктивного исполнения или отказа молниеотвода, защищающего i-й элемент объекта;

$Q_i(t_2)$ – вероятность прямого удара молнии в i-й элемент объекта в течение года.

3.2.3. Вероятность $Q_i(t_2)$ прямого удара молнии в объект вычисляют по формуле

$$Q_i(t_2) = 1 - e^{-N_{у.м} \cdot \tau_р}, \quad (17)$$

где $N_{у.м}$ – количество прямых ударов молнии в объект за год;

$\tau_р$ – продолжительность периода наблюдения, год.

Для объектов прямоугольной формы

$$N_{у.м} = (S + 6H) \cdot (L + 6H) \cdot n_у \cdot 10^{-6}. \quad (18)$$

Для круглых объектов

$$N_{у.м} = (2R + 6H)^2 \cdot n_у \cdot 10^{-6}, \quad (19)$$

где S – длина объекта, м;

L – ширина объекта, м;

H – наибольшая высота объекта, м;

R – радиус объекта, м;

$n_у$ – среднее число ударов молнии на 1 км^2 земной поверхности выбирают из табл. 1.

Таблица 1

Продолжительность грозовой деятельности за год, ч	20–40	40–60	60–80	80–100 и более
Среднее число ударов молнии в год на 1 км^2	3	6	9	12

3.2.4. Вероятность $Q_i(t_1)$ принимают равной единице в случае отсутствия молниезащиты на объекте или наличия ошибок при ее проектировании и изготовлении.

Вывод о соответствии основных параметров молниеотвода требованиям, предъявляемым к молниезащите объектов 1, 2 и 3 категории делают на основании результатов проверочного расчета и детального обследования молниеотвода. Основные требования к молниеотводам объектов 1, 2 и 3 категории изложены в СН-305–77. При наличии молниезащиты вероятность $Q_i(t_1)$ вычисляют по формуле

$$Q_i(t_1) = \frac{K_б}{\tau_р} \cdot \sum_{j=1}^{m} \tau_j + (1 - \beta), \quad (20)$$

где $K_б$ – коэффициент безопасности, определение которого изложено в разд. 4.

$\tau_р$ – анализируемый период времени, мин;

τ_j – время существования неисправности молниеотвода при j-й ее реализации в течение года, мин;

β – вероятность безотказной работы молниезащиты (β = 0,995 при наличии молниезащиты типа А и β = 0,95 при наличии молниезащиты типа Б);

m – количество неисправных состояний молниезащиты.

Для проектируемых объектов вероятность ошибки при проектировании молниезащиты не рассчитывают.

При расчете $Q_i\ (t_1)$ существующей молниезащиты нарушение периодичности проверки сопротивления заземлителей (один раз в два года)расценивают как нахождение молниезащиты в неисправном состоянии. Время существования этой неисправности определяют как продолжительность периода между запланированным и фактическим сроками проверки.

3.2.5. Вероятность $Q_i\ (C_2)$ вторичного воздействия молнии на объект вычисляют по формуле

$$Q_i(C_2) = Q_i(t_2) \cdot Q_i(t_3), \qquad (21)$$

где $Q_i\ (t_3)$ – вероятность отказа защитного заземления в течение года.

3.2.6. Вероятность $Q_i\ (t_3)$ при отсутствии защитного заземления или перемычек в местах сближения металлических коммуникаций принимают равной единице. Вероятность $Q_i\ (t_3)$ неисправности существующей системы защиты от вторичных воздействий молнии определяют на основании результатов ее обследования аналогично вероятности $Q_i\ (a_n)$ по (8).

Для проектируемых объектов вероятность неисправности защитного заземления не рассчитывают, а принимают равной единице или нулю в зависимости от ее наличия в проекте.

3.2.7. Вероятность $Q_i\ (C_3)$ заноса высокого потенциала в защищаемый объект вычисляют аналогично вероятности $Q_i\ (C_2)$ по (21).

3.2.8. Вероятность $Q_i\ (t_2)$ при расчете $Q_i\ (C_2)$ и $Q_i\ (C_3)$ вычисляют по формуле (17), причем значения параметров S и L в (18) и (19) необходимо увеличить на 100 м.

3.2.9. Электрическая искра (дуга) может появиться в анализируемом элементе объекта (событие $ТИ_2$) при коротком замыкании электропроводки (событие e_1), при проведении электросварочных работ (событие e_2), при искрении электрооборудования, не соответствующего по исполнению категории и группе горючей среды, находящейся в этом элементе (событие e_3), при разрядах статического электричества (событие e_4). Вероятность $Q_i\ (ТИ_2)$ вычисляют по формуле

$$Q_i\ (ТИ_2) = 1 - \prod_{n=1}^{z} [1 - Q_i\ (e_n)], \qquad (22)$$

где $Q_i\ (e_n)$ – вероятность реализации любой из e_n причин, приведенных ниже;

$Q_i\ (e_1)$ – вероятность появления искр короткого замыкания электропроводки в i-м элементе в течение года;

$Q_i\ (e_2)$ – вероятность проведения электросварочных работ в i-м элементе объекта в течение года;

$Q_i\ (e_3)$ – вероятность несоответствия электрооборудования i-го элемента объекта категории и группе горючей среды в течение года;

$Q_i\ (e_4)$ – вероятность возникновения в i-м элементе объекта разрядов статического электричества в течение года;

z – количество e_n причин;

n – порядковый номер причины.

3.2.10. Вероятность $Q_i\ (e_1)$ появления в i-м элементе объекта искр короткого замыкания вычисляют только для действующих и строящихся элементов объекта по формуле

$$Q_i(e_1) = Q_i(v_1) \cdot Q_i(v_2), \qquad (23)$$

где $Q_i\ (v_1)$ – вероятность возникновения короткого замыкания электропроводки в i-м элементе объекта в течение года;

$Q_i(\nu_2)$ – вероятность отсутствия или отказа аппаратов защиты от короткого замыкания в течение года.

3.2.11. Вероятность $Q_i(\nu_1)$ короткого замыкания электропроводки на действующих и строящихся объектах вычисляют на основании статистических данных по (8).

3.2.12. Вероятность $Q_i(\nu_2)$ вычисляют для действующих и строящихся элементов объекта аналогично вероятности $Q_i(a_n)$ по (8). Для проектируемых элементов при отсутствии аппарата защиты $Q_i(\nu_2)$ принимают равной единице, а при их наличии вычисляют аналогично вероятности $Q_i(a_n)$ по (9), как вероятность их отказа.

3.2.13. Вероятность $Q_i(e_2)$ проведения в i-м элементе объекта электросварочных работ вычисляют только для действующих и строящихся элементов объекта на основе статистических данных по (8).

3.2.14. Вероятность $Q_i(e_3)$ при непрерывной работе электрооборудования принимают на всех объектах равной единице, если электрооборудование не соответствует категории и группе горючей смеси, или 10^{-8} – если соответствует. При периодической работе электрооборудования и его несоответствии категории группе горючей среды вероятность $Q_i(e_3)$ вычисляют аналогично вероятности $Q_i(a_n)$ по (8). Если электрическая искра появляется лишь при включении и выключении электрооборудования, несоответствующего категория и группе горючей среды (при n включениях и выключениях), вероятность $Q_i(e_3)$ вычисляют аналогично вероятности $Q_i(t_2)$ по (17). В случае соответствия электрооборудования горючей среде, вычисленное по (17) значение вероятности $Q_i(e_3)$ умножают на 10^{-8}.

3.2.15. Вероятность $Q_i(e_4)$ появления в i-м элементе объекта искр статического электричества вычисляют по формуле

$$Q_i(e_4) = Q_i(x_1) \cdot Q_i(x_2), \qquad (24)$$

где $Q_i(x_1)$ – вероятность появления в i-м элементе объекта условий для статической электризации в течение года;

$Q_i(x_2)$ – вероятность наличия неисправности, отсутствия или неэффективности средств защиты от статического электричества в течение года.

3.2.16. Вероятность $Q_i(x_1)$ принимают равной единице, если в i-м элементе объекта применяют и вырабатывают вещества с удельным объемным электрическим сопротивлением, превышающим 10^5 Ом · м. В остальных случаях $Q_i(x_1)$ принимают равной нулю.

3.2.17. Вероятность $Q_i(x_2)$ принимают равной единице при отсутствии или неэффективности средств защиты от статического электричества. Вероятность $Q_i(x_2)$ неисправности средств защиты в действующих элементах вычисляют на основании статистических данных аналогично вероятности $Q_i(a_n)$ по (8).

Вероятность $Q_i(x_2)$ в проектируемых элементах объекта вычисляют аналогично вероятности $Q_i(a_n)$ по (9) на основании данных о надежности проектируемых средств защиты от статического электричества (например, средств ионизации или увлажнения воздуха и т.п.).

3.2.18. Фрикционные искры (искры удара и трения) появляются в анализируемом элементе объекта (событие $ТИ_3$) при применении искроопасного инструмента (событие f_1), при разрушении движущихся узлов и деталей (событие f_2), при применении рабочими обуви, подбитой металлическими набойками и гвоздями (событие f_3), при попадании в движущиеся механизмы посторонних предметов (событие f_4) и т.д. Вероятность $Q_i(ТИ_3)$ вычисляют по формуле

$$Q_i(ТИ_3) = 1 - \prod_{n=1}^{z} [1 - Q_i(f_n)], \qquad (25)$$

где $Q_i(f_n)$ – вероятность реализации любой из f_n причин, приведенных ниже;

$Q_i(f_1)$ – вероятность применения в i-м элементе объекта искроопасного инструмента в течение года;

$Q_i(f_2)$ – вероятность разрушения движущихся узлов и деталей i-го элемента объекта в течение года;

$Q_i(f_3)$ – вероятность использования рабочими обуви, подбитой металлическими набойками и гвоздями в i-м элементе объекта в течение года;

$Q_i(f_4)$ – вероятность попадания в движущиеся механизмы i-го элемента объекта посторонних предметов в течение года;

n – порядковый номер причины;

z – количество f_n причин.

3.2.19. Вероятность $Q_i(f_1)$ вычисляют только для действующих и строящихся элементов объекта на основании статистических данных аналогично вероятностям $Q_i(a_n)$ и $Q_i(t_2)$ по (8) или (17).

3.2.20. Вероятность $Q_i(f_2)$ для действующих и строящихся элементов объекта вычисляют на основании статистических данных аналогично вероятности $Q_i(a_n)$ по (8).

Для проектируемых элементов объекта вероятности $Q_i(f_2)$ вычисляют аналогично вероятности $Q_i(a_n)$ по (9) на основании параметров надежности его составных частей.

3.2.21. Вероятность $Q_i(f_3)$ вычисляют только для действующих и строящихся элементов объекта аналогично вероятности $Q_i(a_n)$ по (8).

3.2.22. Вероятность $Q_i(f_4)$ вычисляют для действующих и строящихся элементов объекта на основании статистических данных аналогично вероятности $Q_i(a_n)$ по (8), а для проектируемых элементов по (9), как вероятность отказа защитных средств.

3.2.23. Открытое пламя и искры появляются в i-м элементе объекта (событие $ТИ_4$) при реализации любой из причин h_n. Вероятность $Q_i(ТИ_4)$ вычисляют по формуле

$$Q_i(ТИ_4) = 1 - \prod_{n=1}^{z} [1 - Q_i(h_n)], \qquad (26)$$

где $Q_i(h_n)$ – вероятность реализации любой из h_n причин, приведенных ниже;

$Q_i(h_1)$ – вероятность сжигания топлива в печах i-го элемента объекта в течение года;

$Q_i(h_2)$ – вероятность проведения огневых работ в i-м элементе объекта в течение года;

$Q_i(h_3)$ – вероятность несоблюдения режима курения в i-м элементе объекта в течение года;

$Q_i(h_4)$ – вероятность отсутствия или неисправности искрогасителей на двигателях внутреннего сгорания, расположенных в i-м элементе объекта в течение года;

z – количество причин;

n – порядковый номер причины.

3.2.24. Вероятность $Q_i(h_1)$ вычисляют для всех элементов объекта по формуле

$$Q_i(h_1) = \frac{K_б}{\tau_р} \cdot \sum_{j=1}^{m} \tau_j, \qquad (27)$$

где τ_j – время работы печи i-го элемента объекта при j-м ее включении в течение анализируемого периода времени, мин;

m – количество включений печи в течение анализируемого периода времени;

$K_б$ – коэффициент безопасности, определение которого изложено в разд. 4;

$\tau_р$ – анализируемый период времени, мин.

3.2.25. Вероятности $Q_i(h_2)$, $Q_i(h_3)$ и $Q_i(h_4)$ вычисляют только для действующих и строящихся объектов на основе статистических данных аналогично вероятности $Q_i(h_1)$ по (27).

3.2.26. Нагрев вещества, отдельных узлов и поверхностей технологического

оборудования i-го элемента объекта, контактирующих с горючей средой, выше допустимой температуры (событие $ТИ_5$) возможен: в результате перегрузки электрических коммуникаций машин и аппаратов (событие K_1); при отказе системы охлаждения аппаратов (событие K_2); при повышенных переходных сопротивлениях электрических соединений (событие K_3); в результате возникновения трения между двумя поверхностями из-за отсутствия смазки (событие K_4); по условиям технологического процесса (событие K_5). Вероятность $Q_i\ (ТИ_5)$ вычисляют по формуле

$$Q_i\ (ТИ_5) = 1 - \prod_{n=1}^{z} [1 - Q_i\ (K_n)], \qquad (28)$$

где $Q_i\ (K_n)$ – вероятность реализации любой из K_n причин, приведенных ниже:

$Q_i\ (K_1)$ – вероятность нагрева горючего вещества или поверхностей оборудования i-го элемента объекта при возникновении перегрузки электросети, машин и аппаратов в течение года;

$Q_i\ (K_2)$ – вероятность отказа системы охлаждения аппарата i-го элемента объекта в течение года;

$Q_i\ (K_3)$ – вероятность нагрева поверхностей и горючих веществ при возникновении повышенных переходных сопротивлений электрических соединений i-го элемента объекта в течение года;

$Q_i\ (K_4)$ – вероятность нагрева поверхностей при трении из-за отсутствия смазки в i-м элементе объекта в течение года;

$Q_i\ (K_5)$ – вероятность нагрева горючих веществ в i-м элементе объекта до опасных температур по условиям технологического процесса в течение года.

3.2.27. Вероятность $Q_i\ (K_1)$ вычисляют по формуле

$$Q_i\ (K_1) = \{1 - \prod_{m=1}^{q} [1 - Q_i\ (y_m)]\} \cdot Q_i\ (z), \qquad (29)$$

где $Q_i\ (y_m)$ – вероятность реализации любой из y_m причин, приведенных ниже;

$Q_i\ (y_1)$ – вероятность несоответствия сечения электропроводников нагрузке электроприемников в i-м элементе объекта в течение года;

$Q_i\ (y_2)$ – вероятность подключения дополнительных электроприемников в i-м элементе объекта к электропроводке, не рассчитанной на эту нагрузку;

$Q_i\ (y_3)$ – вероятность увеличения момента на валу электродвигателя в i-м элементе объекта в течение года;

$Q_i\ (y_4)$ – вероятность понижения напряжения в сети i-го элемента объекта в течение года;

$Q_i\ (z)$ – вероятность отсутствия, неисправности или несоответствия аппаратов защиты электрических сетей i-го элемента объекта от перегрузки в течение года.

3.2.28. Вероятность $Q_i\ (y_1)$, $Q_i\ (y_2)$ и $Q_i\ (y_4)$ вычисляют только для действующих и строящихся объектов аналогично вероятности $Q_i\ (h_1)$ по (27).

3.2.29. Вероятность $Q_i\ (y_3)$ вычисляют для действующих и строящихся объектов аналогично вероятности $Q_i\ (h_1)$ по (27), а для проектируемых объектов аналогично вероятности $Q_i\ (a_n)$ по (9), как вероятность заклинивания механизмов, приводимых в действие электродвигателем.

3.2.30. Вероятность $Q_i\ (z)$ вычисляют для действующих элементов объекта аналогично вероятности $Q_i\ (h_1)$ по (27), для проектируемых элементов при отсутствии аппаратов защиты принимают равной единице, а при их наличии вычисляют аналогично вероятности $Q_i\ (a_n)$ по (9).

3.2.31. Вероятности $Q_i\ (K_2)$ вычисляют для проектируемых элементов объекта аналогично вероятности $Q_i\ (a_n)$ по (9), как вероятность отказа устройств, обеспечивающих охлаждение аппарата, а для строящихся и действующих элементов аналогично вероятности $Q_i\ (h_1)$ по (27).

3.2.32. Вероятность $Q_i\ (K_3)$ вычисляют только для действующих и строящихся объектов аналогично вероятности $Q_i\ (h_1)$ по (27).

3.2.33. Вероятность Q_i (K_4) вычисляют для проектируемых элементов объекта аналогично вероятности Q_i $(a_п)$ по (9), как вероятность отказа системы смазки механизмов i-го элемента, а для строящихся и действующих элементов аналогично вероятности Q_i (h_1) по (27).

3.2.34. Вероятность Q_i (K_5) принимают равной единице, если в соответствии с технологической необходимостью происходит нагрев горючих веществ до опасных температур, или нулю, если такой процесс не происходит.

3.2.35. Вероятность Q_i $(ТИ_6)$ появления в горючем веществе или материале очагов экзотермического окисления или разложения, приводящих к самовозгоранию, вычисляют по формуле

$$Q_i\,(ТИ_6) = 1 - \prod_{n=1}^{z} \left[1 - Q_i\,(m_п)\right], \qquad (30)$$

где $Q_i\,(m_п)$ – вероятность реализации любой из $m_п$ причин, приведенных ниже:

$Q_i\,(m_1)$ – вероятность появления в i-м элементе объекта очага теплового самовозгорания в течение года;

$Q_i\,(m_2)$ – вероятность появления в i-м элементе объекта очага химического самовозгорания в течение года;

$Q_i\,(m_3)$ – вероятность появления в i-м элементе объекта очагов микробиологического самовозгорания в течение года.

3.2.36. Вероятность Q_i (m_1) вычисляют для всех элементов объекта по формуле

$$Q_i\,(m_1) = Q_i\,(p_1) \cdot Q_i\,(p_2), \qquad (31)$$

где $Q_i\,(p_1)$ – вероятность появления в i-м элементе объекта в течение года веществ, склонных к тепловому самовозгоранию;

$Q_i\,(p_2)$ – вероятность нагрева веществ, склонных к самовозгоранию, выше безопасной температуры.

3.2.37. Вероятность Q_i (p_1) вычисляют для всех элементов объекта по (27) или (9).

3.2.38. Вероятность Q_i (p_2) принимают равной единице, если температура среды, в которой находится это вещество, выше или равна безопасной температуре, или нулю, если температура среды ниже ее.

Безопасную температуру среды для веществ, склонных к тепловому самовозгоранию, вычисляют по формуле

$$t_б = 0{,}7 \cdot t_c, \qquad (32)$$

где t_c – температура самовозгорания вещества, вычисляемая по п. 5.1.6, °С.

3.2.39. Вероятность Q_i (m_2) вычисляют для всех элементов объекта по формуле

$$Q_i\,(m_2) = Q_i\,(g_1) \cdot Q_i\,(g_2), \qquad (33)$$

где $Q_i\,(g_1)$ – вероятность появления в i-м элементе объекта химически активных веществ, реагирующих между собой с выделением большого количества тепла, в течение года;

$Q_i\,(g_2)$ – вероятность контакта химически активных веществ в течение года.

3.2.40. Вероятности Q_i (g_1) и Q_i (g_2) вычисляют аналогично вероятности Q_i (h_1) по (27), если реализация событий g_1 и g_2 обусловлена технологическими условиями или мероприятиями организационного характера и вычисляют аналогично вероятности Q_i $(a_п)$ по (9), если эти события зависят от надежности оборудования.

3.2.41. Вероятность Q_i (m_3) рассчитывают только для действующих и строящихся объектов аналогично вероятности Q_i (h_1) по (27).

3.3. Вероятность Q_i $(ЭИ)$ того, что энергия (температура) теплового источника достаточна для воспламенения горючей среды, принимают равной единице или нулю,

в зависимости от результатов сравнения параметров теплового источника с соответствующими показателями пожарной опасности горючей среды.

3.3.1. Если температура теплового источника выше 80 % величины минимальной температуры самовоспламенения вещества, то Q_i *(ЭИ)* принимают равной единице, в остальных случаях Q_i *(ЭИ)* равна нулю.

Если температура теплового источника (среды) выше 80 % величины температуры самовозгорания вещества, имеющего склонность к тепловому самовозгоранию, то Q_i *(ЭИ)* принимают равной единице, в остальных случаях Q_i *(ЭИ)* равна нулю.

3.3.2. Если реализуется случай воспламенения, называемый зажиганием, то характерной величиной процесса воспламенения является энергия, передаваемая источником зажигания горючему веществу. Если энергия, переданная тепловым источником горючему веществу (паро-, газо-, пылевоздушной смеси) выше 40 % значения минимальной энергии зажигания, то Q_i *(ЭИ)* принимают равной единице, в остальных случаях Q_i *(ЭИ)* равна нулю.

Для твердых и жидких горючих веществ Q_i *(ЭИ)* принимают равной единице, если за время остывания теплового источника он способен нагреть горючее вещество выше температуры его воспламенения, в противном случае Q_i *(ЭИ)* равна нулю.

3.4. Вероятность Q_i *(ВИ)* того, что время контакта (существования) теплового источника с горючей средой достаточно для ее воспламенения принимают равной единице, если тепловой источник за это время успеет нагреть горючую среду до температуры воспламенения (самовоспламенения, самовозгорания), или нулю в противном случае.

3.4.1. При нагреве горючего вещества до температуры, превышающей 80 % от величины температуры самовоспламенения, вероятность Q_i *(ВИ)* принимают равной единице, в остальных случаях Q_i *(ВИ)* равна нулю.

3.4.2. При оценке опасности теплового самовозгорания вероятность Q_i *(ВИ)* принимают равной единице, если тепловой источник существует в течение времени, необходимого для нагрева горючего вещества до температуры самовозгорания вещества. Если время существования теплового источника меньше времени, необходимого для нагрева горючего вещества до температуры самовозгорания, то Q_i *(ВИ)* принимают равной нулю.

3.4.3. При оценке опасности вынужденного зажигания вероятность Q_i *(ВИ)* принимают равной единице, если время остывания теплового источника от начальной температуры до температуры воспламенения горючей среды превышает сумму периода ее индукции и времени нагрева локального объема этой среды от начальной температуры до температуры воспламенения. В остальных случаях Q_i *(ВИ)* принимают равной нулю.

3.4.4. Данные о пожароопасных параметрах тепловых источников приведены в разд. 5.

3.5. При обосновании невозможности расчета вероятности Q_i *(ИЗ)* появления источника зажигания в рассматриваемом элементе объекта с учетом конкретных условий его эксплуатации, допускается вычислять этот параметр по формуле

$$Q_i\ (ИЗ) = 1 - e^{-(\tau/\tau_{н.з})} \qquad (34)$$

где $\tau_{и.з} = 3{,}03 \cdot 10^4 \cdot E_0^{1{,}2}$ – среднее время работы i-го элемента объекта до появления одного источника зажигания, ч;

E_0 – минимальная энергия зажигания горючей среды i-го элемента объекта, Дж;

τ – время работы i-го элемента объекта за анализируемый период времени, ч.

3.6. При необходимости учитывают и иные события, приводящие к появлению источника зажигания.

4. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ СБОРА И ОБРАБОТКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

4.1. Программу сбора статистических данных разрабатывают для действующих, строящихся и проектируемых объектов на основе анализа пожарной опасности помещений и технологического оборудования.

4.2. Анализ пожарной опасности проводят отдельно по каждому технологическому аппарату, помещению и заканчивают разработкой структурной схемы причинно-следственной связи пожаровзрывоопасных событий, необходимых и достаточных для возникновения пожара (взрыва) в объекте (далее модель возникновения пожара). Общий вид структурной схемы возникновения пожара в здании показан на черт. 1. Наименования событий, входящих в состав модели возникновения пожара в здании, приведены по тексту метода.

4.3. Статистические данные о времени существования пожаровзрывоопасных событий на действующих и строящихся объектах и времени безотказной работы различных изделий проектируемых объектов собирают только по событиям конечного уровня, приведенным на модели возникновения пожара, для которых в методе отсутствуют аналитические зависимости.

4.4. На основании модели возникновения пожара по каждому элементу объекта разрабатывают формы сбора статистической информации о причинах, реализация которых может привести к возникновению пожара (взрыва).

4.5. Статистическую информацию, необходимую для расчета параметров надежности различных изделий, используемых в проектном решении, собирает проектная организация на действующих объектах. При этом для наблюдения выбирают изделия, работающие в периоде нормальной эксплуатации и в условиях, идентичных тем, в которых будет эксплуатироваться проектируемое изделие.

4.6. В качестве источников информации о работоспособности технологического оборудования используют:

журналы старшего машиниста;

старшего аппаратчика;

начальника смены;

учета пробега оборудования;

дефектов;

ремонтные карты;

ежемесячные (ежеквартальные) технические отчеты;

отчеты ремонтных служб;

график планово-предупредительных ремонтов;

ежемесячные отчеты об использовании оборудования;

справочные и паспортные данные о надежности различных элементов.

4.7. Источниками информации о нарушении противопожарного режима в помещениях, неисправности средств тушения, связи и сигнализации являются:

книга службы объектовой пожарной части МВД СССР;

журнал дополнительных мероприятий по охране объекта (для объектов, охраняемых пожарной охраной МВД СССР);

журнал наблюдения за противопожарным состоянием объекта (для объектов, охраняемых пожарной охраной МВД СССР);

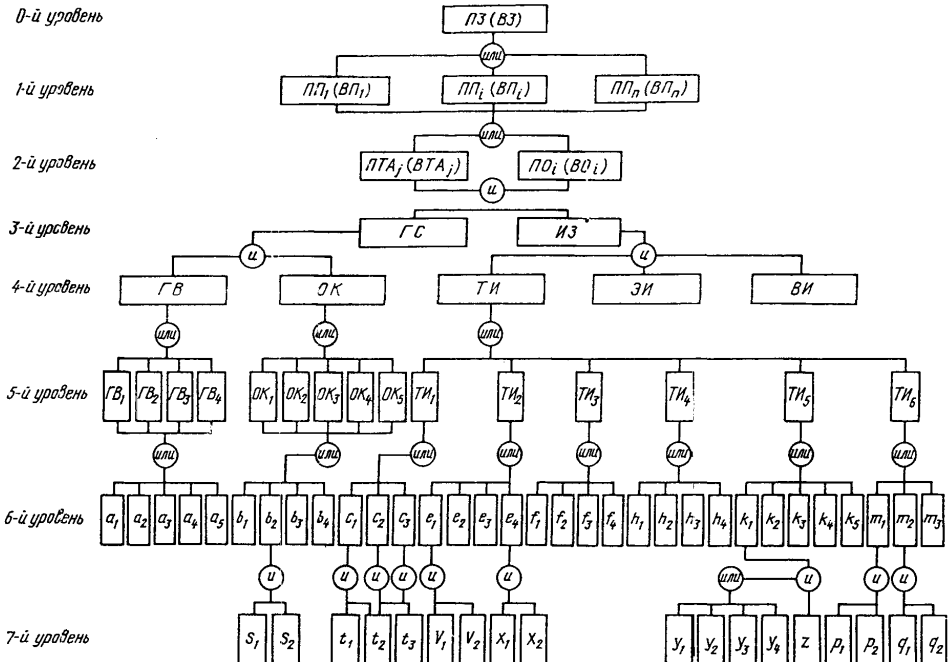
журнал осмотра складов, лабораторий и других помещений перед их закрытием по окончании работы;

предписания Государственного пожарного надзора МВД СССР;

акты пожарно-технических комиссий о проверке противопожарного состояния объекта;

акты о нарушении правил пожарной безопасности органов Государственного пожарного надзора МВД СССР.

4.8. При разработке форм сбора и обработки статистической информации исполь-


0-й уровень
1-й уровень
2-й уровень
3-й уровень
4-й уровень
5-й уровень
6-й уровень
7-й уровень
ПЗ (ВЗ)
или
ПП1 (ВП1)
ППi (ВПi)
ППn (ВПn)
ПТАj (ВТАj)
ПОi (ВОi)
и
ГС
ИЗ
ГВ
ОК
ТИ
ЭИ
ВИ
ГВ1 ГВ2 ГВ3 ГВ4
ОК1 ОК2 ОК3 ОК4 ОК5
ТИ1 ТИ2 ТИ3 ТИ4 ТИ5 ТИ6
a1 a2 a3 a4 a5
b1 b2 b3 b4
c1 c2 c3
e1 e2 e3 e4
f1 f2 f3 f4
h1 h2 h3 h4
k1 k2 k3 k4 k5
m1 m2 m3
S1 S2
t1 t2 t3
V1 V2
X1 X2
y1 y2 y3 y4
z
p1 p2
q1 q2

Черт. 1

зуют РД 50–204–87.

Наставление по организации профилактической работы на объектах, охраняемых военизированной и профессиональной пожарной охраной МВД СССР;

Устав службы пожарной охраны МВД СССР;

форму, приведенную в табл. 2.

Таблица 2

Наименование анализируемого элемента объекта	Анализируемое событие (причина)		Порядковый номер реализации события (причины)	Дата и время		Время (τ_j) существования события (причины), мин	Общее время (τ) работы i-го элемента объекта, мин
	Наименование	Обозначение		обнаружения (возникновения) причины	устранения (исчезновения) причины		
Компрессор первого каскада	Разрушение узлов и деталей поршневой группы	f_2	1	01.03.84 10–35	01.03.84 10–40	5	$18 \cdot 10^4$
			2	10.04.84 15–17	10.04.84 15–21	4	
			3	21.05.84 12–54	21.05.84 12–59	5	
			4	17.12.84 01–12	17.12.84 01–15	3	
			.				
			.				
			.				

4.9. На основании собранных статистических данных вычисляют коэффициент безопасности $K_б$ в следующей последовательности.

4.9.1. Вычисляют среднее время существования пожаровзрывоопасного события τ_0 (среднее время нахождения в отказе) по формуле

$$\tau_0 = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^{m} \tau_j, \qquad (35)$$

где τ_j – время существования i-го пожаровзрывоопасного события, мин;

m – общее количество событий (изделий);

j – порядковый номер события (изделия).

4.9.2. Точечную оценку дисперсии D_0 среднего времени существования пожаровзрывоопасного события вычисляют по формуле

$$D_0 = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^{m} (\tau_j - \tau_0)^2. \qquad (36)$$

4.9.3. Среднеквадратическое отклонение σ_{τ_0} точечной оценки среднего времени существования события – τ_0 вычисляют по формуле

$$\sigma_{\tau_0} = \sqrt{\frac{D_0}{m}} = \sqrt{\frac{1}{m(m-1)} \sum_{j=1}^{m} (\tau_j - \tau_0)^2}. \qquad (37)$$

4.9.4. Из табл. 3 выбирают значение коэффициента t_β в зависимости от числа степеней свободы $(m-1)$ при доверительной вероятности $\beta = 0{,}95$.

Таблица 3

$m-1$	1	2	От 3 до 5	От 6 до 10	От 11 до 20	20
t_β	12,71	4,30	3,18	2,45	2,20	2,09

4.9.5. Коэффициент безопасности $K_б$ (коэффициент, учитывающий отклонение величины параметра τ_0, вычисленного по (35), от его истинного значения) вычисляют из формулы

$$K_б = 1 + \frac{t_\beta \sigma_{\tau_0}}{\tau_0}. \qquad (38)$$

4.9.6. При реализации в течение года только одного события коэффициент безопасности принимают равным единице.

5. Определение пожароопасных параметров тепловых источников и интенсивности отказов элементов

5.1. Пожароопасные параметры тепловых источников

5.1.1. Разряд атмосферного электричества

5.1.1.1. *Прямой удар молнии*

Опасность прямого удара молнии заключается в контакте горючей среды с каналом молнии, температура в котором достигает 20000° С при времени действия около 100 мкс. От прямого удара воспламеняются все горючие смеси.

5.1.1.2. *Вторичное воздействие молнии*

Опасность вторичного воздействия молнии заключается в искровых разрядах, возникающих в результате индукционного и электромагнитного воздействия атмосферного электричества на производственное оборудование, трубопроводы и строительные конструкции. Энергия искрового разряда превышает 250 мДж и достаточна для воспламенения горючих веществ с минимальной энергией зажигания до 0,25 Дж.

5.1.1.3. *Занос высокого потенциала*

Занос высокого потенциала в здание происходит по металлическим коммуникациям не только при их прямом поражении молнией, но и при расположении коммуникаций в непосредственной близости от молниеотвода. При несоблюдении безопасных расстояний между молниеотводом и коммуникациями энергия возможных искровых разрядов достигает значений 100 Дж и более, то есть достаточна для воспламенения практически всех горючих веществ.

5.1.2. Электрическая искра (дуга)

5.1.2.1. *Термическое действие токов короткого замыкания*

Температуру проводника, нагреваемого током короткого замыкания, вычисляют по формуле

$$t_{пр} = t_н + \frac{I^2_{к.з} R \tau_{к.з}}{C_{пр} m_{пр}}, \qquad (39)$$

где $t_{пр}$ – температура проводника, °С;

$t_н$ – начальная температура проводника, °С;
$I_{к.з}$ – ток короткого замыкания, А;
R – сопротивление проводника, Ом;
$\tau_{к.з}$ – время короткого замыкания, с;
$C_{пр}$ – теплоемкость проводника, Дж · кг$^{-1}$ · К$^{-1}$;
$m_{пр}$ – масса проводника, кг.

Если температура проводника и время короткого замыкания больше температуры самовоспламенения и времени, необходимого для нагрева горючей среды до температуры, равной 80 % от величины температуры самовоспламенения, то данный источник является источником зажигания анализируемой среды.

5.1.2.2. *Электрические искры (капли металла)*

Электрические искры (капли металла) образуются при коротком замыкании электропроводки, электросварке и при плавлении электродов электрических ламп накаливания общего назначения.

Размер капель металла при коротком замыкании электропроводки и плавлении нити накаливания электроламп достигает 3 мм, а при электросварке 5 мм. Температура дуги при электросварке достигает 4000 °С, поэтому дуга является источником зажигания всех горючих веществ. Температура капель металла при электросварке и при плавлении нити накала электроламп зависит от вида металла и равна температуре плавления металла. Температура капель металла при коротком замыкании электропроводки превышает температуру плавления металла и, например, для алюминия достигает 2500 °С.

Количество теплоты, которое капля металла способна отдать горючей среде при остывании до температуры ее самовоспламенения, рассчитывают следующим способом.

Среднюю скорость полета капли металла при свободном падении $w_к$ в м · с$^{-1}$ вычисляют по формуле

$$w_к = 0{,}5\sqrt{2gH}, \tag{40}$$

где $g = 9{,}81$ м · с$^{-2}$ – ускорение свободного падения;
H – высота падения, м.

Объем капли металла $V_к$ в м^3 вычисляют по формуле

$$V_к = \frac{\pi d_к^3}{6} = 0{,}524\, d_к^3, \tag{41}$$

где $d_к$ – диаметр капли, м.

Массу капли $m_к$ в кг вычисляют по формуле

$$m_к = V_к \rho_к, \tag{42}$$

где $\rho_к$ – плотность металла, кг · м$^{-3}$.

Имеющееся в капле в начале полета количество теплоты $W_к$ в Дж вычисляют по формуле

$$W_к = m_к \cdot c_t \cdot t_п, \tag{43}$$

где c_t – удельная теплоемкость металла при температуре плавления, Дж · кг$^{-1}$ × × К$^{-1}$;
$t_п$ – температура плавления металла, °С.

Количество теплоты, затраченное на кристаллизацию капли металла, $W_{кр}$ в Дж вычисляют по формуле

$$W_{кр} = m_к \cdot c_{кр}, \quad (44)$$

где $c_{кр}$ – удельная теплота кристаллизации металла, Дж · кг$^{-1}$.

Число Рейнольдса вычисляют по формуле

$$Re = \frac{w_к \cdot d_к}{\nu}, \quad (45)$$

где $\nu = 15{,}1 \cdot 10^{-6}$ – коэффициент кинематической вязкости воздуха при температуре 20 °С, м^2 · с$^{-1}$.

Критерий Нуссельта вычисляют по формуле

$$Nu = 0{,}62 \cdot Re^{0{,}5}. \quad (46)$$

Коэффициент теплоотдачи капли a в Вт · м$^{-2}$ · К$^{-1}$ вычисляют по формуле

$$a = \frac{Nu\lambda_в}{d_к}, \quad (47)$$

где $\lambda_в = 22 \cdot 10^{-3}$ – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт · м$^{-1}$ · К$^{-1}$.

Количество теплоты, затраченное на нагрев воздуха (горючего газа) при полете капли $W_{охл}$, в Дж вычисляют по формуле

$$W_{охл} = a\ S_к\ \tau\ (t_п - t_к), \quad (48)$$

где $S_к$ – площадь поверхности капли, м^2;

τ – время полета капли до соприкосновения с горючим веществом, с;

$t_к$ – температура капли в конце полета, °С, принимаемая равной 800° С.

Тепловой запас капли металла в конце полета $W_н$ в Дж вычисляют по формуле

$$W_н = W_к - (W_{кр} + W_{охл}). \quad (49)$$

Температуру капли металла в конце полета $t_к$ в °С вычисляют по формуле

$$t_к = \frac{W_н}{m_к c_к}, \quad (50)$$

где $c_к$ – удельная теплоемкость капли металла при температуре

$$0{,}5 \cdot (t_к + t_п), \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Если температура капли отличается от температуры $t_к$ = 800 °С (которая используется при расчете $W_{охл}$) на 5 % и более, расчет $W_{охл}$, $W_н$ и $t_к$ повторяют, задавшись новым значением $t_к$.

Количество теплоты W в Дж, отдаваемое каплей металла твердому и жидкому горючему веществу, на которое она попала, вычисляют по формуле

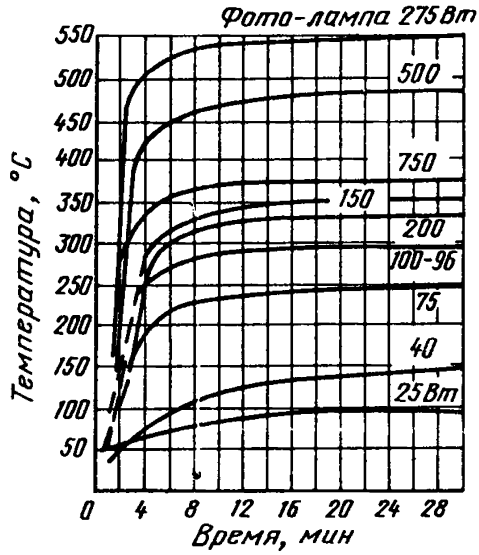
$$W = V_к \rho_к c_t (t_к - t_{св}), \quad (51)$$

где c_t – удельная теплоемкость металла при температуре $0{,}5 \cdot (t_к + t_{св})$, Дж × × кг$^{-1}$ · К$^{-1}$;

$t_{св}$ – температура самовоспламенения горючего вещества, °С.

5.1.2.3. *Электрические лампы накаливания общего назначения*

Пожарная опасность светильников обусловлена возможностью контакта горючей среды с колбой электрической лампы накаливания, нагретой выше температуры самовоспламенения горючей среды. Температура нагрева колбы электрической лампочки зависит от мощности лампы, ее размеров и расположения в пространстве. Зависимость максимальной температуры на колбе горизонтально расположенной лампы от ее мощности и времени приведена на черт. 2.



Черт. 2

5.1.2.4. *Искры статического электричества*

Энергию искры $W_и$ в Дж, способной возникнуть под действием напряжения между пластиной и каким-либо заземленным предметом, вычисляют по запасенной конденсатором энергии из формулы

$$W_и = 0{,}5\,CU^2, \qquad (52)$$

где C – емкость конденсатора, Ф;

U – напряжение, В.

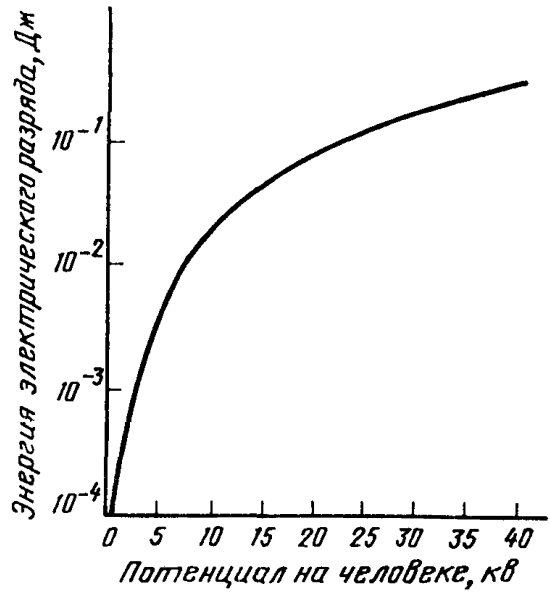
Разность потенциала между заряженным телом и землей измеряют электрометрами в реальных условиях производства.

Если $W_и \geq 0{,}4\,W_{м.э.з}$ ($W_{м.э.з}$ – минимальная энергия зажигания горючей среды), то искру статического электричества рассматривают как источник зажигания.

Реальную опасность представляет "контактная" электризация людей, работающих с движущимися диэлектрическими материалами. При соприкосновении человека с заземленным предметом возникают искры с энергией от 2,5 до 7,5 мДж. Зависимость энергии электрического разряда с тела человека и от потенциала зарядов статического электричества показана на черт. 3.

5.1.3. Механические (фрикционные) искры (искры от удара и трения)

Размеры искр удара и трения, которые представляют собой раскаленную до свечения частичку металла или камня, обычно не превышают 0,5 мм, а их температура находится в пределах температуры плавления металла. Температура искр, образую-



Черт. 3

щихся при соударении металлов, способных вступать в химическое взаимодействие друг с другом с выделением значительного количества тепла, может превышать температуру плавления и поэтому ее определяют экспериментально или расчетом.

Количество теплоты, отдаваемое искрой при охлаждении от начальной температуры $t_н$ до температуры самовоспламенения горючей среды $t_{св}$, вычисляют по (51), а время остывания τ – следующим способом.

Отношение температур $\Theta_п$ вычисляют по формуле

$$\Theta_п = \frac{t_н - t_{св}}{t_н - t_в}, \qquad (53)$$

где $t_в$ – температура воздуха, °С.

Коэффициент теплоотдачи a в Вт · м$^{-2}$ · К$^{-1}$ вычисляют по формуле

$$a = 188 \sqrt{w_и}, \qquad (54)$$

где $w_и$ – скорость полета искры, м · с$^{-1}$.

Скорость искры, образующейся при ударе свободно падающего тела, вычисляют по формуле

$$w_и = \sqrt{2gH}, \qquad (55)$$

а при ударе о вращающееся тело по формуле

$$w_и = 2\pi \cdot n \cdot R, \qquad (56)$$

где n – частота вращения, с$^{-1}$;

R – радиус вращающегося тела, м.

Скорость полета искр, образующихся при работе с ударным инструментом, принимают равной 16 м · с$^{-1}$, а высекаемых при ходьбе в обуви, подбитой металлическими набойками или гвоздями, 12 м · с$^{-1}$.

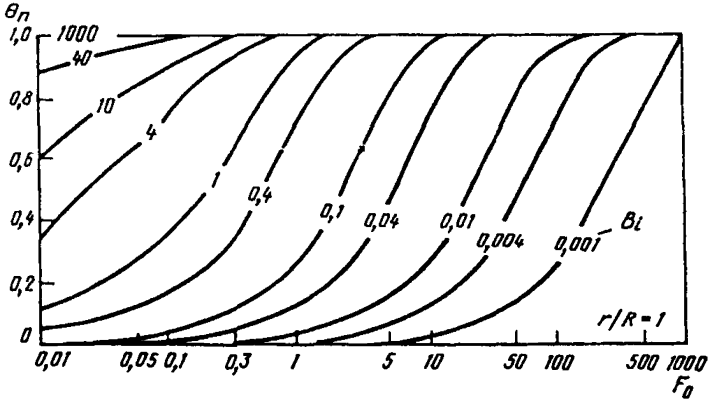
Критерий Био вычисляют по формуле

$$Bi = \frac{a \cdot d_{и}}{\lambda_{и}}, \qquad (57)$$

где $d_{и}$ – диаметр искры, м;

$\lambda_{и}$ – коэффициент теплопроводности металла искры при температуре самовоспламенения горючего вещества ($t_{св}$), Вт · м$^{-1}$ · К$^{-1}$.

По значениям относительной избыточной температуры $\Theta_{п}$ и критерия Bi определяют по графику (черт. 4) величину критерия Фурье.



Черт. 4

Длительность остывания частицы металла вычисляют по формуле

$$\tau = \frac{F_{о}}{\lambda_{и}} d_{и}^{2} \cdot C_{и} \cdot \rho_{и}, \qquad (58)$$

где τ – время остывания частицы, с;

$F_{о}$ – критерий Фурье;

$C_{и}$ – теплоемкость металла искры при температуре самовоспламенения горючего вещества, Дж · кг$^{-1}$ · К$^{-1}$;

$\rho_{и}$ – плотность металла искры при температуре самовоспламенения горючего вещества, кг · м$^{-3}$.

При наличии экспериментальных данных о поджигающей способности фрикционных искр, вывод об их опасности для анализируемой горючей среды допускается делать без проведения расчетов.

5.1.4. Открытое пламя и искры двигателей (печей)

Пожарная опасность пламени обусловлена температурой факела и временем его воздействия на горючие вещества.

Пожароопасные параметры некоторых пламен и малокалорийных источников тепла приведены в табл. 4.

Таблица 4

Наименование горящего вещества (изделия) или пожароопасной операции	Температура пламени (тления или нагрева), °С	Время горения (тления), мин
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости	880	–
Древесина и лесопиломатериалы	1000	–
Природные и сжиженные газы	1200	–
Газовая сварка металла	3150	–
Газовая резка металла	1350	–
Тлеющая папироса	320–410	2–2,5
Тлеющая сигарета	420–460	26–30
Горящая спичка	620–640	0,33

Открытое пламя опасно не только при непосредственном контакте с горючей средой, но и при ее облучении. Интенсивность облучения $g_р$ в Вт · м$^{-2}$ вычисляют по формуле

$$g_р = 5{,}7\,\epsilon_{пр}\left[\left(\frac{T_ф}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_{св}}{100}\right)^4\right]\varphi_{1ф}, \qquad (59)$$

где 5,7 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт · м$^{-2}$ · К$^{-4}$;

$\epsilon_{пр}$ – приведенная степень черноты системы;

$$\epsilon_{пр} = \left(\frac{1}{\epsilon_ф} + \frac{1}{\epsilon_в} - 1\right), \qquad (60)$$

$\epsilon_ф$ – степень черноты факела пламени (при горении дерева равна 0,7, а нефтепродуктов 0,85).

$\epsilon_в$ – степень черноты облучаемого вещества принимают по справочной литературе;

$T_ф$ – температура факела пламени, К;

$T_{св}$ – температура самовоспламенения горючего вещества, К;

$\varphi_{1ф}$ – коэффициент облученности между излучающей и облучаемой поверхностями.

Критические значения интенсивности облучения в зависимости от времени облучения для некоторых веществ приведены в табл. 5.

Пожарная опасность искр печных труб, котельных, труб паровозов и тепловозов, а также других машин, костров, в значительной степени определяется их размером и температурой. Установлено, что искра диаметром 2 мм пожароопасна, если имеет температуру около 1000 °С, диаметром 3 мм – 800 °С, диаметром 5 мм – 600 °С.

Теплосодержание и время остывания искры до безопасной температуры вычисляют по (43) и (58).

При этом диаметр искры принимают 3 мм, а скорость полета искры в м · с$^{-1}$ вычисляют по формуле

$$w_и = \sqrt{0{,}5\,w_в^2 + 5\,H}, \qquad (61)$$

где $w_в$ – скорость ветра, м · с$^{-1}$;
H – высота трубы, м.

Таблица 5

Материал	Минимальная интенсивность облучения (Вт · м$^{-2}$) при продолжительности облучения, мин		
	3	5	15
Древесина (сосна влажностью 12 %)	18800	16900	13900
Древесно-стружечная плита плотностью ρ = 417 кг · м$^{-3}$	13900	11900	8300
Торф брикетный	31500	24400	13200
Торф кусковой	16600	14350	9800
Хлопок-волокно	11000	9700	7500
Слоистый пластик	21600	19100	15400
Стеклопластик	19400	18600	17400
Пергамин	22000	19750	17400
Резина	22600	19200	14800
Уголь	–	35000	35000

5.1.5. Нагрев веществ, отдельных узлов и поверхностей технологического оборудования

Температуру нагрева электропровода при возникновении перегрузки $t_ж$ в °С вычисляют по формуле

$$t_ж = t_{ср.н} + \left(\frac{I_ф}{I_{доп}}\right)^2 (t_{ж.н} - t_{ср.н}), \qquad (62)$$

где $t_{ср.н}$ – нормативная температура среды для прокладки провода, принимается в соответствии с правилами устройства электрооборудования, утвержденными Госэнергонадзором, °С;
$t_{ж.н}$ – нормативная температура жилы электропровода, °С;
$I_{доп}$ – допустимый ток для проводника, А;
$I_ф$ – фактический ток в проводнике, А.

Температуру газа при сжатии в компрессоре и отсутствии его охлаждения $T_к$ в К вычисляют по формуле

$$T_к = T_н \cdot \left(\frac{P_к}{P_н}\right)^{(k-1)/k}, \qquad (63)$$

где $T_н$ – температура газа в начале сжатия, К;
$P_к$, $P_н$ – давление газа в конце и начале сжатия, кг · м$^{-2}$;
k – показатель адиабаты (равен 1,67 и 1,4 соответственно для одно- и двухатомных газов).

Для многоатомных газов показатель адиабаты k вычисляют по формуле

$$k = c_p/c_v, \qquad (64)$$

где c_p, c_v – изобарная и изохорная удельные массовые теплоемкости газов, Дж · кг$^{-1}$ × × К$^{-1}$.

Температуру нагрева контактов электропроводов при возникновении повышенных переходных сопротивлений $t_{н.к}$ в °С вычисляют по формуле

$$t_{н.к} = t_{ср} + \frac{I^2 R_{пер}}{S\, a_{общ}} \left(1 - e^{-\frac{\tau}{\tau_к}}\right), \qquad (65)$$

где $t_{ср}$ – температура среды, °С;
τ – время, с;
I – ток в сети, А;
$R_{пер}$ – переходное сопротивление контактов, Ом;
$a_{общ}$ – общий коэффициент теплоотдачи, Вт · м$^{-2}$ · К$^{-1}$;
$\tau_к$ – постоянная времени нагрева контактов, с;
S – площадь поверхности теплообмена, м^2.

До максимальной температуры контакты нагреваются за время

$$\tau \approx 5\, \tau_к, \qquad (66)$$

где $\tau_к$ – постоянная времени нагрева контактов, с.

Переходное сопротивление вычисляют по формуле

$$R_{пер} = \frac{\epsilon}{F^n}, \qquad (67)$$

где F – сила сжатия контактов, Н;
ϵ – эмпирический коэффициент;
n – показатель степени, зависящий от формы контактов (для одноточечных контактов $n = 0{,}5$, для многоточечных $n = 1$).

Значения величин ϵ и n для чистых неокисленных контактов приведены в табл. 6.

Таблица 6

Наименование материала	$\epsilon \cdot 10^{-4}$	Геометрические формы контакта	n
Медь	От 0,7 до 1,4	Плоскость– плоскость	1
Алюминий	" 1,3 " 1,6	Многопластинчатая щетка–плоскость	1
Сталь	" 75 " 80	Болтовые шинные контакты	От 0,5 до 0,07
Серебро	" 0,5 " 0,6	Острие–плоскость	0,5
Алюминий–медь	10	Шар–плоскость	0,5
Сталь– медь	30	Шар–шар	0,5

Коэффициент теплообмена вычисляют в зависимости от температуры контактов по формуле

$$a_{общ} = 4{,}07 \sqrt[3]{t_{н.к} - t_{ср}}, \text{ если } t_{н.к} \leqslant 60\,°С; \qquad (68)$$

$$a_{общ} = 11{,}63\, e^{0{,}0023\, t_{н.к}}, \text{ если } t_{н.к} > 60\,°С. \qquad (69)$$

Постоянную времени нагрева контактов вычисляют по формуле

$$\tau_к = \frac{cm}{S\,\alpha_{общ}}, \qquad (70)$$

где c – удельная массовая теплоемкость металла контактов, Дж · кг$^{-1}$ · К$^{-1}$;

m – масса контактов, кг.

Расчет $t_{н.к}$ проводят в следующей последовательности. Для заданной температуры $t_{н.к}$ вычисляют $\alpha_{общ}$ и c, а затем по (65) вычисляют $t_{н.к}$. Если выбранное и вычисленное значения $t_{н.к}$ отличаются более чем на 5 %, вычисление необходимо повторить.

Температуру подшипника скольжения при отсутствии смазки и принудительного охлаждения $t_{п.с}$ в °С вычисляют по формуле

$$t_{п.с} = t_{ср} + \frac{a}{\alpha_{общ} \cdot S}\left(1 - e^{-\frac{\tau}{\tau_п}}\right), \qquad (71)$$

где $t_{ср}$ – температура среды, °С;

$a = 0{,}44\,fNdn$ – коэффициент мощности, Вт;

f – коэффициент трения скольжения;

N – сила, действующая, на подшипник, кг;

d – диаметр шипа вала, м;

n – частота вращения вала, мин$^{-1}$;

S – площадь поверхности теплообмена подшипника (поверхность подшипника, омываемая воздухом), м^2;

τ – время работы подшипника, с;

$\tau_п = \frac{mc}{\alpha_{общ} S}$ – постоянная времени нагрева подшипника, с;

m – масса подшипника, кг.

Время нагрева подшипника τ в с до заданной температуры вычисляют по формуле

$$\tau = \tau_п \ln\left[\frac{a}{a - \alpha_{общ} S\,(t_{п.с} - t_{ср})}\right]. \qquad (72)$$

Практически при $\tau \approx 5\,\tau_п$ температура подшипника достигает максимального значения, вычисляемого по формуле

$$t_{max} \approx t_{ср} + \frac{a}{\alpha_{общ} S}. \qquad (73)$$

В (71, 72, 73) коэффициент теплообмена $\alpha_{общ}$ вычисляют по (68) или (69).

Последовательность расчета температуры подшипника аналогична расчету температуры нагрева контактов.

5.1.6. Нагрев веществ при самовозгорании

Минимальную температуру среды, при которой происходит тепловое самовозгорание, вычисляют из выражения

$$\lg t_с = A_р + n_р \lg S, \qquad (74)$$

а время нагревания вещества до момента самовозгорания из выражения

$$\lg \tau_c = \frac{1}{n_в} (A_в - \lg t_c), \qquad (75)$$

где t_c – температура окружающей среды, °С;

τ_c – время нагрева, ч;

$A_р$, $A_в$, $n_р$, $n_в$ – эмпирические константы;

S – удельная поверхность тел, $м^{-1}$.

$$S = \frac{F}{V} = 2\left(\frac{1}{l} + \frac{1}{b} + \frac{1}{h}\right), \qquad (76)$$

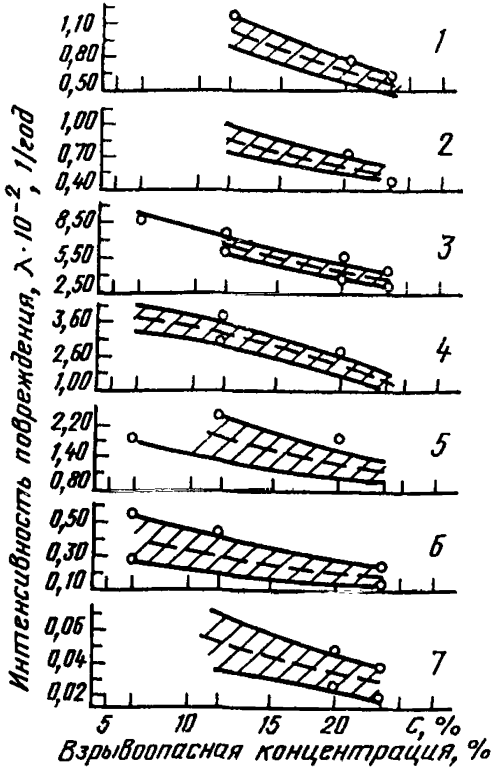
где F полная наружная поверхность тела, $м^2$;

V – объем тела, $м^3$;

l, b, h – размеры тела вдоль соответствующей координатной оси, м; например, для прямоугольного параллелепипеда: l – длина, b – ширина, h – высота; для цилиндра: $l = b = D_ц$, h – высота; для шара: $l = b = h = D_ш$ и т. д.

5.2. Интенсивность отказов элементов оборудования, приборов и аппаратов

Зависимость интенсивности повреждений однотипных элементов оборудования, приводящих к взрыву, от взрывоопасной концентрации для производств дивинила, метана, этилена и аммиака приведена на черт. 5.



——min и max λ

- - - - средние значения λ

1 – фланцы; *2* – задвижки; *3* – скрубберы; *4* – осушители; *5* – конденсаторы; *6* – емкости; *7* – трубы

Черт. 5

Интенсивность отказов различных элементов технологических аппаратов и защитных устройств определяют по табл. 7, 8.

Таблица 7

Интенсивность отказов элементов

Наименование элемента	Интенсивность отказов ($\lambda \cdot 10^6$), $ч^{-1}$		
	Нижний предел	Среднее значение	Верхний предел
Механические элементы			
Гильзы	0,02	0,045	0,08
Дифференциалы	0,012	1,00	1,58
Зажимы	0,0003	0,0005	0,0009
Кольца переменного сечения	0,045	0,55	3,31
Коробки коленчатого вала	0,1	0,9	1,8
Коробки передач:			
соединительные	0,11	0,2	0,36
секторные	0,051	0,912	1,8
скоростные	0,087	2,175	4,3
Корпуса	0,03	1,1	2,05
Муфты:			
сцепления	0,04	0,06	1,1
скольжения	0,07	0,3	0,94
Ограничители	0,165	0,35	0,783
Ограничительные сменные кольца	–	0,36	–
Противовесы:			
большие	0,13	0,3375	0,545
малые	0,005	0,0125	0,03
Пружины	0,004	0,1125	0,221
Приводы:			
со шкивом	–	0,16	–
дополнительного сервомеханизма	0,86	12,5	36,6
обычных сервомеханизмов	0,86	12,5	33,6
более экономичные	0,6	3,3	18,5
менее	0,17	1,8	9,6
Приводные ремни передач	–	3,6	–
Подшипники:			
шариковые	0,02	0,65	2,22
соединительных муфт	0,008	0,21	0,42
роликовые	0,02	0,5	1,0
Шарикоподшипники:			
мощные	0,072	1,8	3,53
маломощные	0,035	0,875	1,72
Рессоры маломощные	–	0,112	–
Ролики	0,02	0,075	0,1
Соединения:			
механические	0,02	0,02	1,96
вращающиеся	6,89	7,50	9,55
паяные	0,0001	0,004	1,05
Соединительные коробки	0,28	0,4	0,56

Продолжение табл. 7

Наименование элемента	Интенсивность отказов ($\lambda \cdot 10^6$), $ч^{-1}$		
	Нижний предел	Среднее значение	Верхний предел
Сервомеханизмы	1,1	2,0	3,4
Стержни	0,15	0,35	0,62
Устройства связи:			
направленные	0,065	1,52	3,21
поворотные	0,001	0,025	0,049
гибкие	0,027	0,039	1,348
жесткие	0,001	0,025	0,049
Фильтры механические	0,045	0,3	1,8
Шестерни	0,002	0,12	0,98
Штанги плунжера	–	0,68	–
Штифты:			
с нарезкой	0,006	0,025	0,1
направляющие	0,65	1,625	2,6
Шарниры универсальные	1,12	2,5	12,0
Шасси	–	0,921	–
Эксцентрики	0,001	0,002	0,004
Пружины	0,09	0,22	0,42
Теплообменники	2,21	15,0	18,6
ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ			
Диафрагмы	0,1	0,6	0,9
Источники мощности гидравлические	0,28	6,1	19,3
Задвижки клапанов	0,112	5,1	44,8
Задвижки возбуждения	0,112	0,212	2,29
Клапаны:			
шариковые	1,11	4,6	7,7
рычажные	1,87	4,6	7,4
нагруженные	0,112	5,7	18,94
сверхскоростные	1,33	3,4	5,33
обходные	0,16	2,24	8,13
стопорные	0,112	2,3	4,7
	1,98	6,5	10,2
контрольные	0,24	1,9	2,2
дренажные	–	0,224	–
наполнительные	0,1	0,112	1,12
поплавковые	5,6	8,0	11,2
горючего	1,24	6,4	37,2
давления	0,112	5,6	32,5
первичные	0,165	6,3	14,8
двигателя	–	37,2	–
регулятора	–	0,56	–
разгрузочные:	0,224	5,7	14,1
давления	0,224	3,92	32,5
термические	5,6	8,4	12,3
резервуарные	2,70	6,88	10,8

Продолжение табл. 7

Наименование элемента	Интенсивность отказов ($\lambda \cdot 10^6$), $ч^{-1}$		
	Нижний предел	Среднее значение	Верхний предел
селекторные	3,7	16,0	19,7
регулировочные	0,67	1,10	2,14
ручные переключающие	0,112	6,5	10,2
скользящие	0,56	1,12	2,28
ползунковые	–	1,12	–
соленоидные:	2,27	11,0	19,7
трехходовые	1,87	4,6	7,41
четырехходовые	1,81	4,6	7,22
импульсные	2,89	6,9	9,76
перепускные	0,26	0,5	2,86
разгрузочные	3,41	5,7	15,31
Сервоклапаны	16,8	30,0	56,0
Манометры	0,135	1,3	15,0
Моторы гидравлические	1,45	4,3	2,25
Нагнетатели	0,342	2,4	3,57
Насосы с машинным приводом	1,12	8,74	31,3
Поршни гидравлические	0,08	0,2	0,85
Приводы постоянной скорости пневматические	0,3	2,8	6,2
Прокладки:			
пробковые	0,003	0,04	0,077
пропитанные	0,05	0,137	0,225
из сплава "Монель"	0,0022	0,05	0,908
колцеобразные	0,01	0,02	0,035
феноловые (пластмассовые)	0,01	0,05	0,07
резиновые	0,011	0,02	0,03
Регуляторы:			
давления	0,89	4,25	15,98
гидравлические	–	3,55	–
пневматические	3,55	7,5	15,98
Резервуары гидравлические	0,083	0,15	0,27
Сильфоны	0,09	2,287	6,1
Соединения:			
гидравлические	0,012	0,03	2,01
пневматические	0,021	0,04	1,15
Соединительные муфты гидравлические	–	0,56	–
Трубопроводы	0,25	1,1	4,85
Цилиндры	0,005	0,007	0,81
Цилиндры пневматические	0,002	0,004	0,013
Шланги:			
высокого давления	0,157	3,93	5,22
гибкие	–	0,067	–
пневматические	–	3,66	–

Таблица 8

Интенсивность отказов защитных устройств

Наименование элемента	Среднее значение интенсивности отказов $(\lambda \cdot 10^6)$, $ч^{-1}$
Индикаторы взрывов автоматических систем подавления взрывов (АСПВ)	0,25
Блоки управления автоматических систем подавления взрывов (на каждый канал)	0,12
Гидропушки ГП (АСПВ)	0,27
Оросители АО (АСПВ)	0,32
Пламеотсекатели ПО (АСПВ)	0,39
Кабели (АСПВ)	0,047
Предохранительные мембраны	0,0112

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Обязательное

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ, ОГНЕТУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ И ПОЖАРНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Метод устанавливает единые методические принципы определения годового экономического эффекта от создания и использования пожарной техники, огнетушащих веществ и пожарно-профилактических мероприятий в народном хозяйстве.

1. Сущность метода

1.1. При планировании, выполнении и внедрении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИР и ОКР) определяется соответственно предварительный, ожидаемый и фактический экономические эффекты.

1.1.1. Предварительный экономический эффект определяется с целью принятия решения о целесообразности проведения НИР и ОКР.

1.1.2. Ожидаемый экономический эффект определяется после завершения НИР и ОКР.

1.1.3. Фактический экономический эффект определяется после внедрения результатов НИР и ОКР, а также при присвоении продукции высшей категории качества.

2. Расчет экономического эффекта

2.1. Экономический эффект от производства и использования новой пожарной техники долговременного применения с улучшенными качественными характеристиками $Э$ в руб. вычисляют по формуле

$$Э = \left[З_1 \cdot K_Э \frac{P_1 + E_н}{P_2 + E_н} + \frac{(И_1 K_Э - И_2) - E_н (K_2' - K_1')}{P_2 + E_н} - З_2\right] A_2, \qquad (1)$$

где $З_1$ и $З_2$ – приведенные затраты на единицу соответственно базовой и новой пожарной техники, руб.;

$К_Э$ – коэффициент эквивалентности новой пожарной техники;

$\frac{Р_1 + Е_Н}{Р_2 + Е_Н}$ – коэффициент учета изменения срока службы новой пожарной техники по сравнению с базовой;

$Р_1$ и $Р_2$ – доли отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление (реновацию) базовой и новой пожарной техники;

$Е_Н$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$И_1$ и $И_2$ – годовые эксплуатационные издержки потребителя при использовании им базовой и новой пожарной техники, руб.;

$К'_1$ и $К'_2$ – сопутствующие капитальные вложения потребителя при использовании им базовой и новой пожарной техники, руб.;

$А_2$ – годовой объем производства новой пожарной техники в расчетном году, в натуральных единицах.

Формулы для определения величины коэффициента $К_Э$ по пожарной технике даны в таблице.

Наименование	Формула	Символ	Название, единица измерения
1. Пожарные автомобили порошкового, пенного и пено-порошкового тушения, автоцистерны	$К_Э = 0{,}24 \frac{Ne_2 Ga_1}{Ne_1 Ga_2} + 0{,}29 \frac{\Theta_{В2}}{\Theta_{В1}} + 0{,}26 \frac{П_{В2}}{П_{В1}} + 0{,}21 \frac{v_2}{v_1}$	Ne	Мощность двигателя, л, с
		Ga	Масса полная, кг
		$\Theta_В$	Объем вывозимых огнетушащих веществ, л (кг)
		$П_В$	Максимальная подача огнетушащих веществ, $л \cdot с^{-1}$ ($кг \cdot с^{-1}$)
		v	Максимальная скорость движения автомобиля, $км \cdot ч^{-1}$
2. Пожарные автомобили газодымозащитной службы, пожарные автомобили дымоудаления, пожарные автомобили связи и освещения, пожарные автомобили технической службы	$К_Э = a_1 \frac{Ne_2 Ga_1}{Ne_1 Ga_2} + a_2 \frac{P_2}{P_1} + a_3 \frac{W_2}{W_1} + a_4 \frac{П_{У2}}{П_{У1}} + a_5 \frac{Q_{М2}}{Q_{М1}} + a_6 \frac{R_2}{R_1} + a_7 \frac{П_{К2}}{П_{К1}}$	P	Мощность генератора, кВт
		W	Мощность прожекторов, кВт
		$П_У$	Производительность вентиляционной установки, $м^3 \cdot ч^{-1}$
		$Q_М$	Максимальный грузовой момент, кг · м
		R	Радиус действия средств связи, км
		$П_К$	Число каналов связи, ед.
	$\sum_1^n a = 1{,}0$		
3. Пожарные автолестницы, пожарные автоподъемники	$К_Э = 0{,}2 \frac{Ne_2 Ga_1}{Ne_1 Ga_2} +$	t	Наименьшее время боевого развертывания, мин

Продолжение

Наименование	Формула	Символ	Название, единица измерения
	$+0,1\frac{t_1}{t_2}+0,2\frac{P_{н2}}{P_{н1}}+$ $+0,4\frac{h_2}{h_1}+0,1\frac{П_{л2}}{П_{л1}}$	$P_н$	Рабочая нагрузка на вершину неприслоненной стрелы при максимальном вылете, кг
		h	Высота подъема, м
		$П_л$	Максимальная производительность лафетного ствола, л · с$^{-1}$
4. Пожарные мотопомпы	$K_э=0,5\frac{П_{н2}}{П_{н1}}+0,5\,Ga_1/Ga_2$	$П_н$	Подача насоса, л · мин$^{-1}$
5. Огнетушители	$K_э=0,5\frac{F_2}{F_1}+0,3\frac{P_{р2}}{P_{р1}}+$ $+0,2\frac{Ga_1}{Ga_2}\frac{V_{02}}{V_{01}}$	F	Огнетушащая способность, м^2
		$P_р$	Вероятность безотказной работы
6. Порошки огнетушащие	$K_э=0,7\frac{C_1}{C_2}+0,1\frac{B_1}{B_2}+$ $+0,1\frac{T_{п2}}{T_{п1}}+0,1\frac{\rho_{к2}}{\rho_{к1}}$	V_0	Вместимость корпуса, л
		C	Показатель слеживаемости, Па
		B	Показатель гигроскопичности, %
		$T_п$	Текучесть, кг · с$^{-1}$
		$\rho_к$	Кажущаяся плотность, кг · м$^{-3}$
7. Пенообразователи для тушения пожаров	$K_э=0,3\frac{\tau_2}{\tau_1}+0,3\frac{C_{п1}}{C_{п2}}+$ $+0,4\,(0,25\frac{t_{з2}}{t_{з1}}+0,25\frac{A_{к1}}{A_{к2}}+$ $+0,25\frac{T_{гар2}}{T_{гар1}}+0,25\frac{Б_2}{Б_1})$	τ	Устойчивость пены, с
		$C_п$	Концентрация рабочего раствора для получения пены, % (по объему)
		$t_з$	Температура застывания, °С
		$A_к$	Коррозионная активность, кг · м$^{-2}$ · ч$^{-1}$
		$T_{гар}$	Гарантийный срок хранения, месяц
		$Б$	Показатель биоразлагаемости, %
8. Газовые огнетушащие составы	$K_э=0,4\frac{ПДК_{рз2}}{ПДК_{рз1}}+$ $+0,2\frac{A_{к1}}{A_{к2}}+0,4\frac{\rho_2}{\rho_1}$	$ПДК_{рз}$	Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг · м$^{-3}$
		ρ	Плотность при 20 °С, кг · м$^{-3}$

Продолжение

Наименование	Формула	Символ	Название, единица измерения
9. Пожарно-профилактические мероприятия	$K_к = \dfrac{\dfrac{C_{о2}}{C_{о1}} + \dfrac{П_{г1}}{П_{г2}} + \dfrac{C_{г1}}{C_{г2}} + \dfrac{P_{в1}}{P_{в2}}}{4}$	$C_о$ $П_г$ $C_г$ $P_в$	Степень огнестойкости, мин Площадь горения, $м^2$ Время свободного горения, мин Расход огнетушащего вещества, $кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$

Примечания:

1. По другим видам пожарной техники, огнетушащим веществам $K_э$ определяется аналогичным порядком.

2. Допускается использование ряда других показателей, предусмотренных техническими условиями, картой технического уровня и качества продукции. При этом сумма коэффициентов значимости должна быть равна единице.

3. Индекс 1 в формулах относится к показателям базовой техники, индекс 2 – к показателям новой техники.

2.2. Экономический эффект от производства и использования новых огнетушащих и огнезащитных веществ $Э$ в руб. вычисляют по формуле

$$Э = \left[З_1 \frac{У_1}{У_2} K_э + \frac{(И_1 K_э - И_2) - E_н (K'_2 - K'_1)}{У_2} - З_2 \right] A_2, \qquad (2)$$

где $З_1$ и $З_2$ – приведенные затраты на единицу соответственно базового и нового огнетушащего (огнезащитного) вещества, руб.;

$У_1$ и $У_2$ – удельный расход соответственно базового и нового огнетушащего (огнезащитного) вещества, $кг \cdot м^{-2}$; $кг \cdot м^{-3}$ и т. д.;

$K_э$ – коэффициент эквивалентного нового огнетушащего (огнезащитного) вещества;

$И_1$, $И_2$ – годовые эксплуатационные издержки потребителя при использовании им базового и нового огнетушащего (огнезащитного) вещества, руб;

K'_1, K'_2 – сопутствующие капитальные вложения потребителя при использовании им базового и нового огнетушащего (огнезащитного) вещества, руб.;

A_2 – годовой объем производства нового огнетушащего (огнезащитного) вещества в расчетном году, кг; $м^3$ и т. д.

Формулы для определения величины коэффициента $K_э$ по огнетушащим веществам даны в таблице.

2.3. Экономический эффект от производства новой продукции или продукции повышенного качества (с более высокой ценой) для удовлетворения нужд населения, а также новой продукции и продукции повышенного качества на основе изобретений и рационализаторских предложений при отсутствии аналога $Э$ в руб. вычисляют по формуле

$$Э = (Пр - E_н K) A_2, \qquad (3)$$

где $Пр$ – прибыль от реализации единицы новой продукции или прирост прибыли ($Пр_2 - Пр_1$) от реализации единицы продукции повышенного качества ($Пр_2$ – прибыль от реализации продукции повышенного качества; $Пр_1$ – прибыль от реализации продукции прежнего качества), руб.;

$К$ – удельные капитальные вложения на производство новой продукции или удельные дополнительные капитальные вложения, связанные с повышением качества продукции, руб.;

$А_2$ – годовой объем новой продукции или продукции повышенного качества в расчетном году, шт.

2.4. Экономический эффект от использования пожарно-профилактических мероприятий $Э$ в руб. вычисляют по формуле

$$Э = \left[Ц_1 \frac{P_1 + E_н}{P_2 + E_н} + \frac{(И_1 - И_2) - E_н(K'_2 - K'_1) + (П_1 - П_2)}{P_2 + E_н} - Ц_2\right] A_2, \qquad (4)$$

где $Ц_1$ и $Ц_2$ – стоимость соответственно базового и нового пожарно-профилактического мероприятия, руб.;

$И_1$ и $И_2$ – годовые эксплуатационные издержки потребителя при использовании им базового и нового пожарно-профилактического мероприятия, руб.;

K'_1 и K'_2 – сопутствующие капитальные вложения потребителя при использовании им базового и нового пожарно-профилактического мероприятия, руб.;

$П_1$ и $П_2$ – годовые народнохозяйственные потери по базовому и новому вариантам, руб.;

$А_2$ – объем внедрения.

Объем внедрения может быть: объект, защищаемая площадь или объем, организационно-управленческое решение и т. д.

2.4.1. Народнохозяйственные потери на защищаемом объекте по базовому варианту $П_1$ в руб. в год вычисляют по формуле

$$П_1 = (П_{пр} + П_{кос})\ Q + П_{гт}\ Q_в, \qquad (5)$$

где $П_{пр}$ – средние прямые народнохозяйственные потери от одного пожара, руб.;

$П_{кос}$ – средние косвенные народнохозяйственные потери от одного пожара, руб.;

Q – вероятность возникновения пожара. Величину Q вычисляют по рекомендуемому приложению 3;

$П_{гт}$ – средние народнохозяйственные потери в случае гибели людей или получения ими телесных повреждений, руб.;

$Q_в$ – вероятность воздействия опасных факторов пожара на отдельного человека. Значение $Q_в$ вычисляют по рекомендуемому приложению 2.

2.4.2. Под прямыми народнохозяйственными потерями $П_{пр}$ понимается сумма материального ущерба, причиненного пожаром.

2.4.3. В состав косвенных народнохозяйственных потерь $П_{кос}$ включаются: выплата заработной платы рабочим за время простоя; доплата рабочим высшей квалификации, привлеченным для ликвидации последствий пожара; оплата демонтажных работ и работ по расчистке и уборке строительных конструкций; потери от снижения прибыли из-за недовыпуска продукции; потери части условно-постоянных расходов (цеховые и общезаводские); оплата штрафов за недопоставку продукции; потери от отвлечения капитальных вложений на восстановление основных фондов.

2.4.4. В народнохозяйственные потери в случае гибели людей или получения ими телесных повреждений $П_{гт}$ включаются: выплата пенсий и пособий в случае потери кормильца; выплата пособий пострадавшим на пожаре; стоимость клинического или санаторно-курортного лечения; оплата по временной нетрудоспособности.

2.4.5. Народнохозяйственные потери на защищаемом объекте по новому варианту $П_2$ в руб. в год вычисляют по формуле

$$П_2 = П_1 \cdot \frac{1}{K_К}, \quad (6)$$

где $K_К$ – коэффициент качества пожарно-профилактических мероприятий.

Формула для вычисления величины коэффициента $K_К$ дана в таблице.

2.4.6. Экономический эффект от использования пожарно-профилактических мероприятий на защищаемом объекте, при отсутствии аналога для сравнения, $Э$ в руб. вычисляют по формуле

$$Э = (П - E_Н K) A_2, \quad (7)$$

где $П$ – годовые народнохозяйственные потери при существующей противопожарной защите, руб;

K – капитальные вложения на разработку и внедрение пожарно-профилактических мероприятий, руб.

2.4.7. При отсутствии статистических данных о пожарах на защищаемом объекте народнохозяйственные потери (математическое ожидание) $M(П)$ в руб. вычисляют по формуле

$$M(П) = C_З F_П Q, \quad (8)$$

где $C_З$ – средняя стоимость 1 м^2 защищаемой площади, руб · м$^{-2}$;

$F_П$ – средняя площадь пожара, м^2.

2.5. Экономический эффект от разработки новых и пересмотра действующих нормативных и руководящих документов определяется, если в результате их использования изменяется потребность в трудовых, материально-технических или финансовых ресурсах. Если нормативные и руководящие документы непосредственно не влияют на изменение указанных выше ресурсов или носят организационно-методический характер, экономический эффект не определяется.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Рекомендуемое

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНОЙ МАССЫ ОБРАЩАЮЩИХСЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ, ПАРОВ И ПЫЛЕЙ И ВЗРЫВОБЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ПРИ АВАРИЙНОМ ПОСТУПЛЕНИИ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ И ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ В ПОМЕЩЕНИЕ

Настоящий метод распространяется на помещения, где обращаются горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости и горючие пыли.

1. Расчет максимально возможной массы и взрывобезопасных расстояний для горючих газов и паров легковоспламеняющихся жидкостей

1.1. Максимально возможную массу m_{max} в кг горючих газов (ГГ) и паров легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), при аварийном выбросе которых еще можно относить помещение к невзрывопожароопасным, вычисляют по формуле, исходя из условия, что избыточное давление взрыва не должно быть выше предельно допустимого.

$$m_{max} = \frac{\Delta P_{доп} C_{ст} V_{св} \rho_{г,п}}{\Delta P_{max} \cdot 100 Z}, \quad (1)$$

где $\Delta P_{доп}$ – предельно допустимый прирост давления для соответствующих видов конструкций зданий и сооружений. Допускается принимать величину $\Delta P_{доп}$ равной минимальному избыточному давлению, приводящему к повреждению строительных конструкций (трещины, деформации и т. п.), рассматриваемых зданий и сооружений;

$C_{ст} = \frac{100}{1+4{,}84\beta}$ – стехиометрическая концентрация горючего газа или пара, % (по объему).

Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания вычисляют по формуле

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2}, \quad (2)$$

где n_C, n_H, n_O, n_X – число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего;

$V_{св}$ – свободный объем помещения, принимаемый равным 80 % геометрического объема помещения, $м^3$;

$\rho_{г,п}$ – плотность горючего газа или пара при расчетной температуре, $кг \cdot м^{-3}$;

ΔP_{max} – избыточное давление взрыва стехиометрической газо- или паровоздушной смеси в замкнутом объеме, определяемое по справочным данным. Допускается принимать ΔP_{max} для органических веществ равным 800 кПа;

Z – коэффициент участия во взрыве, который может быть рассчитан на основе характера распределения газа в помещении согласно пп. 1.3 и 1.4. Допускается принимать значение Z по табл. 1.

Таблица 1

Вид горючего вещества	Значение Z
Горючие газы	0,5
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые до температуры вспышки и выше	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при наличии возможности образования аэрозоля	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при отсутствии возможности образования аэрозоля	0

1.2. Приведенные ниже расчетные формулы для коэффициента Z применяются для случая $100m/(\rho_{г,п} V_{св}) < 0{,}5 \cdot C_{НКПВ}$ и подвижности воздушной среды до 3,0 $м \cdot с^{-1}$.

1.3. Коэффициент Z участия ГГ во взрыве вычисляют для заданного уровня значи-

мости Q по формулам:

$$\text{при } X_{\text{НКПВ}} \leqslant \frac{1}{2} L \text{ и } Y_{\text{НКПВ}} \leqslant \frac{1}{2} S$$

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3} \pi}{m_{\text{г}}} \rho_{\text{г}} \left(C_0 + \frac{C_{\text{НКПВ}}}{\delta} \right) X_{\text{НКПВ}} Y_{\text{НКПВ}} Z_{\text{НКПВ}}, \qquad (3)$$

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

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{m_{\text{г}}} \rho_{\text{г}} \left(C_0 + \frac{C_{\text{НКПВ}}}{\delta} \right) F Z_{\text{НКПВ}}, \qquad (4)$$

где $m_{\text{г}}$ – масса поступившего в помещение газа, кг;

C_0 – предэкспоненциальный множитель, % (по объему), равный:

при неподвижной воздушной среде

$$C_0 = 3{,}77 \cdot 10^3 \frac{m_{\text{г}}}{\rho_{\text{г}} V_{\text{св}}}, \qquad (5)$$

при подвижности воздушной среды

$$C_0 = 3 \cdot 10^2 \frac{m_{\text{г}}}{\rho_{\text{г}} V_{\text{св}} u}, \qquad (6)$$

$C_{\text{НКПВ}}$ – нижний концентрационный предел воспламенения (НКПВ), % (по объему);

$X_{\text{НКПВ}}$, $Y_{\text{НКПВ}}$, $Z_{\text{НКПВ}}$ – расстояния, ограниченные НКПВ, по осям X, Y и Z, соответственно, м, вычисляют по (10) и (11);

u – подвижность воздушной среды, м · с$^{-1}$;

F – площадь пола помещения, м^2;

L, S – длина и ширина помещения, м;

δ – допустимые отклонения концентраций при задаваемом уровне значимости Q, приведенные в табл. 2. Величину Q допускается принимать равной $5 \cdot 10^{-2}$.

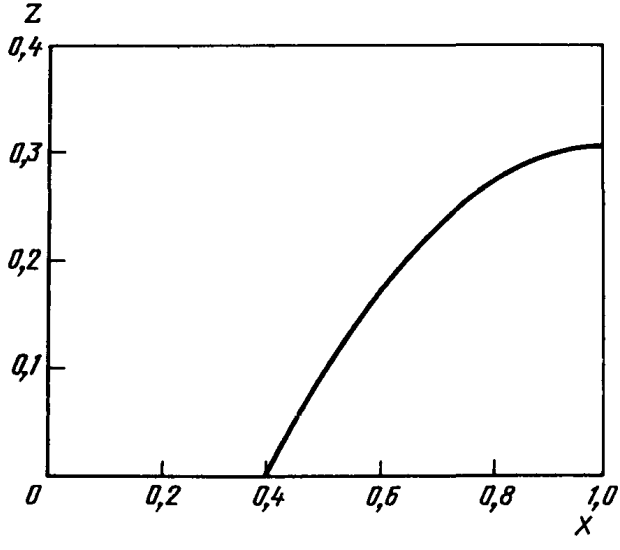
Таблица 2

Характер распределения концентрации	Q	δ
ГГ при неподвижной воздушной среде	$1 \cdot 10^{-1}$	1,29
	$5 \cdot 10^{-2}$	1,38
	$1 \cdot 10^{-2}$	1,53
	$3 \cdot 10^{-3}$	1,63
	$1 \cdot 10^{-3}$	1,70
	$1 \cdot 10^{-6}$	2,04

Продолжение табл. 2

Характер распределения концентрации	Q	δ
ГГ при подвижности воздушной среды	$1 \cdot 10^{-1}$	1,29
	$5 \cdot 10^{-2}$	1,37
	$1 \cdot 10^{-2}$	1,52
	$3 \cdot 10^{-3}$	1,62
	$1 \cdot 10^{-3}$	1,70
	$1 \cdot 10^{-6}$	2,03
Пары ЛВЖ при неподвижной воздушной среде	$1 \cdot 10^{-1}$	1,19
	$5 \cdot 10^{-2}$	1,25
	$1 \cdot 10^{-2}$	1,35
	$3 \cdot 10^{-3}$	1,41
	$1 \cdot 10^{-3}$	1,46
	$1 \cdot 10^{-6}$	1,68
Пары ЛВЖ при подвижности воздушной среды	$1 \cdot 10^{-1}$	1,21
	$5 \cdot 10^{-2}$	1,27
	$1 \cdot 10^{-2}$	1,38
	$3 \cdot 10^{-3}$	1,45
	$1 \cdot 10^{-3}$	1,51
	$1 \cdot 10^{-6}$	1,75

1.4. Величину коэффициента Z участия во взрыве паров ЛВЖ в зависимости от значения X_1 определяют по диаграмме, приведенной на чертеже.



Значение X_1 вычисляют по зависимости

$$X_1 = \begin{cases} C_н/C_1, \text{ если } C_н \leqslant C_1, \\ 1, \quad \text{если } C_н > C_1, \end{cases} \tag{7}$$

где $C_н$ – концентрация насыщенных паров ЛВЖ при расчетной температуре t_0 воздуха в помещении, % (по объему);

C_1 – величина, задаваемая соотношением

$$C_1 = \varphi \cdot C_{ст}, \tag{8}$$

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

В качестве величины t_0 следует принимать максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту в данном производственном помещении. Если такого значения t_0 по каким-либо причинам вычислить не удается, допускается принимать ее равной 61 °С.

Концентрацию $C_н$ вычисляют по формуле

$$C_н = 100 \frac{P_н}{P_0}, \tag{9}$$

где $P_н$ – давление насыщенных паров при температуре t_0, кПа;

P_0 – атмосферное давление, кПа.

1.5. Расстояния $X_{НКПВ}$, $Y_{НКПВ}$, $Z_{НКПВ}$ для ГГ и ЛВЖ, ограничивающие область концентраций, превышающих НКПВ, вычисляют по формулам:

$$X_{НКПВ} = Y_{НКПВ} = K_1 L \left(K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{НКПВ}} \right)^{0,5}, \tag{10}$$

$$Z_{НКПВ} = K_3 H \left(K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{НКПВ}} \right)^{0,5}; \tag{11}$$

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

K_2 – коэффициент, равный 1 для ГГ. Для ЛВЖ величину K_2 вычисляют по формуле

$$K_2 = \frac{T}{3600}, \tag{12}$$

где T – время полного испарения ЛВЖ, с;

K_3 – коэффициент, равный 0,0253 для ГГ при неподвижной воздушной среде, 0,02828 для ГГ при наличии подвижности воздушной среды, 0,04714 для ЛВЖ при неподвижной воздушной среде и 0,3536 для ЛВЖ при наличии подвижности воздушной среды;

H – высота помещения, м.

Для ГГ величину C_0 вычисляют по (5) и (6). Для ЛВЖ величину C_0 вычисляют по формуле

$$C_0 = C_н \left(\frac{m_п 100}{C_н \rho_п V_{св}} \right) K_4, \tag{13}$$

где $m_п$ – масса паров ЛВЖ, поступивших в объем помещения за время полного испарения, но не более 3600 с, кг;

K_4 – коэффициент, значение которого принимают равным 0,41 при отсутствии подвижности и 0,46 при наличии подвижности воздушной среды.

1.6. Радиус R_δ и высоту Z_δ в м взрывоопасной зоны вычисляют исходя из значений $X_{НКПВ}$, $Y_{НКПВ}$ и $Z_{НКПВ}$ для заданного уровня значимости Q.

При этом $R_\delta > X_{НКПВ}$, $R_\delta > Y_{НКПВ}$ и $Z_\delta > h + R_\delta$ для ГГ и $Z_\delta > Z_{НКПВ}$ для ЛВЖ, где h – высота источника поступления газа от пола помещения для ГГ тяжелее воздуха и от потолка помещения для ГГ легче воздуха, м.

Для ГГ геометрически взрывоопасная зона будет представлять цилиндр с радиусом R_δ основания и высотой $h_\delta = 2R_\delta$, при $R_\delta \leqslant h$ и $h_\delta = h + R_\delta$ при $R_\delta > h$, внутри которого расположен источник возможного выделения ГГ. Для ЛВЖ геометрически взрывоопасная зона будет представлять цилиндр с радиусом R_δ основания и высотой $h = Z_{НКПВ}$ при высоте источника паров ЛВЖ $h < Z_{НКПВ}$ и $h_\delta = h + Z_{НКПВ}$ при $h \geqslant Z_{НКПВ}$. За начало отсчета принимают внешние габаритные размеры аппаратов, установок, трубопроводов и т.п.

1.7. Во всех случаях значения расстояний $X_{НКПВ}$, $Y_{НКПВ}$ и $Z_{НКПВ}$ не должны быть не менее 0,3 м для горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей.

1.8. В случае применения в технологическом процессе ГГ и ЛВЖ при определении значений коэффициента Z участия во взрыве и взрывобезопасных расстояний R_δ и Z_δ допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации газа или пара и электроснабжением по первой категории надежности, при условии, что обеспечивается интенсивность воздухообмена в зоне возможного образования взрывоопасной смеси, не меньшая, чем среднеобъемная. При этом максимально возможную массу m_{max} обращающихся горючих газов или паров ЛВЖ в объеме помещения необходимо умножить, а массу $m_п$ разделить на коэффициент K, вычисляемый по формуле

$$K = AT + 1, \qquad (14)$$

где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, $с^{-1}$;

T – продолжительность аварии, которая принимается для производств, связанных с обращением ГГ, по п. 2.1.3, а для производств, связанных с обращением ЛВЖ, до времени полного испарения, но не более 3600 с.

2. Расчет массы горючих газов и паров легковоспламеняющихся жидкостей, поступающих в помещение

2.1. Массу горючего газа или паров ЛВЖ, поступающих в помещение при аварийном выбросе, определяют, исходя из предпосылок, указанных в пп. 2.1.1. – 2.1.6.

2.1.1. Происходит авария одного из аппаратов, при которой в помещение может поступить наибольшая масса наиболее пожароопасного вещества. При наличии нескольких аппаратов, отличающихся по массе и свойствам находящихся в них веществ, расчет следует производить по наиболее неблагоприятному варианту, при котором давление взрыва будет наибольшим.

2.1.2. Все содержимое аппарата поступает в помещение.

2.1.3. Одновременно происходит утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов. Время с начала аварии до отключения трубопроводов принимается равным удвоенному времени отключения насосов, срабатывания задвижки, отсекателя или вентиля по паспортным данным на них при автоматическом отключении и равным 900 с при ручном отключении.

2.1.4. Происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости (или сжиженного газа). Площадь испарения принимают равной площади зеркала жидкости или при свободном разливе на пол площади, определяемой (при отсутствии справочных данных), исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих до 70 % массовых долей растворителей, разливается на 0,5 м^2, а остальных жидкостей – на 1 м^2 пола помещения.

2.1.5. Происходит также испарение жидкости из емкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом жидкости и со свежеокрашенных поверхностей.

2.1.6. За длительность испарения жидкости принимают время полного испарения, но не более 3600 с.

2.2. Массу горючих паров, образующихся при аварийном разливе ЛВЖ, $m_{\text{п}}$ в кг вычисляют по формуле

$$m_{\text{п}} = W_{\text{исп}} F_{\text{п}} T, \qquad (15)$$

где $W_{\text{исп}}$ – интенсивность испарения ЛВЖ с поверхности при расчетной температуре, кг · с$^{-1}$ · м$^{-2}$;

$F_{\text{п}}$ – площадь разлива ЛВЖ, м^2, принимаемая по п. 2.1.4;

T – время испарения, с, но не более 3600 с.

2.3. Интенсивность испарения $W_{\text{исп}}$ в кг · с$^{-1}$ · м$^{-2}$ вычисляют по формуле

$$W_{\text{исп}} = 1{,}0 \cdot 10^{-6} \eta \sqrt{M} P_{\text{нас}}, \qquad (16)$$

где η – коэффициент, учитывающий температуру и скорость движения воздуха, принимаемый по табл. 3;

M – молярная масса вещества;

$P_{\text{нас}}$ – давление насыщенного пара ЛВЖ при расчетной температуре, кПа.

Таблица 3

Скорость движения воздуха в помещении, м · с$^{-1}$	Значение коэффициента η при температуре воздуха в помещении, °С				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

При определении максимальной массы без учета аварийной вентиляции принимается, что воздушная среда в зоне испарения неподвижна ($\eta = 1$).

2.4. При $m_{\text{г}}$ ($m_{\text{п}}$) $> m_{\max}$ помещение является взрывопожароопасным.

3. Расчет максимально возможной массы горючей пыли, поступающей в помещение

3.1. Расчетную массу находившейся в помещении пыли определяют исходя из следующих предпосылок:

при нормальной работе производственного оборудования происходит непрерывное выделение пыли через неплотности, щели и отверстия в оборудовании. Посте-

пенно оседая, пыль накапливается на поверхности конструкций и оборудования. Максимальную массу отложившейся пыли определяют в зависимости от количества пыли, выделяемой единицей оборудования, возможным числом работающих единиц оборудования и средней продолжительностью работы оборудования между циклами и эффективностью пылеуборки;

при максимально возможной массе осевшей пыли происходит аварийный выброс пыли во взвешенном состоянии из оборудования, трубопроводов или путем разрушения тары.

3.2. Массу горючей пыли, накапливающейся на различных поверхностях в помещении за n циклов пылепоступлений (смен, суток и т. п.) $m_{о.п}$ в г к моменту очередной уборки вычисляют по формуле

$$m_{о.п} = \frac{m_х}{1 + \beta_1 \beta_2} \left[n \beta_1 \beta_2 + \frac{1 - (1 - K_у)^n}{K_у} \right] K_г, \qquad (17)$$

где $m_х$ – общая масса пыли, оседающей на поверхностях в помещении за межуборочный период времени, г;

β_1 – коэффициент, определяемый как отношение интенсивности пылеоседания на труднодоступных для уборки пыли местах помещения $m_{уд.т}$ к интенсивности пылеоседания на доступных для уборки местах $m_{уд.д}$ (в случае невозможности определения принимается равным единице);

β_2 – коэффициент, представляющий отношение площади труднодоступных для уборки мест $F_т$, к площади доступных для уборки мест помещения, $F_д$;

n – количество циклов поступления пыли в помещение (смен, суток и т. п.);

$K_у$ – коэффициент эффективности пылеуборки. Принимается при ручной пылеуборке:
сухой – 0,6,
влажной – 0,7;
при механизированной вакуумной пылеуборке:
пол ровный – 0,9,
пол с выбоинами до 5 % – 0,7;

$K_г$ – коэффициент, характеризующий долю горючей пыли в общем количестве оседающей пыли.

Под труднодоступными для уборки площадями $F_т$ подразумевают такие поверхности в производственных помещениях, очистка которых осуществляется при генеральных уборках. Доступными для уборки местами являются поверхность, пыль с которых удаляется в процессе текущих пылеуборок (ежесменно, ежесуточно и т. п.).

3.3. Общую массу пыли $m_х$ в г вычисляют по формуле

$$m_х = m_в (1 - a), \qquad (18)$$

где $m_в$ – масса пыли, выделяющейся в объем помещения за межуборочный период, г;

a – коэффициент эффективности вытяжных вентиляционных систем (аспирации), определяемый как отношение $m_{асп}$ и $m_в$;

$m_{асп}$ – масса пыли, удаляемой из объема помещения вытяжными вентиляционными системами, г.

При отсутствии данных коэффициент a принимается равным нулю.

3.4. Для производств, связанных с механической обработкой поверхности твердых горючих веществ и изделий, массу выделившейся в помещение пыли за одну смену $m_в$ в г допускается вычислять по формуле

$$m_в = F b \rho_м K_д K_{об} n_р \tau, \qquad (19)$$

где F – средняя площадь обрабатываемой поверхности за 1 ч на одном рабочем месте, $м^2 \cdot ч^{-1}$;

b – средняя толщина материала, снимаемого с одной поверхности, м;

$\rho_м$ – плотность материала, $г \cdot м^{-3}$;

$K_д$ – коэффициент, учитывающий долю пылевидного продукта с размерами частичек менее 800 мкм от общего количества отходов. Допускается $K_д$ принимать равным 1;

$K_{об}$ – коэффициент использования оборудования;

$n_р$ – число рабочих мест;

τ – среднее время работы станков за смену, ч.

3.5. Для производств, в которых невозможно определить расчетным путем величину $m_х$, ее вычисляют по экспериментальным данным по формуле

$$m_х = \sum_{i=1}^{L} (m_{уд.i} F_i) \tau_1 \frac{1}{K_з}, \qquad (20)$$

где $m_{уд.i}$ – интенсивность пылеотложений на площади F_i, $г \cdot м^{-2} \cdot ч^{-1}$;

τ_1 – время между двумя последующими текущими уборками, ч;

$K_з$ – коэффициент, характеризующий загрузку оборудования при определении интенсивности пылеотложения.

3.6. Расчетную массу взвихрившейся пыли $m_{р.вз}$ в г вычисляют по формуле

$$m_{р.вз} = m_{оп} K_{вз}, \qquad (21)$$

где $K_{вз}$ – коэффициент, учитывающий массу пыли, способной перейти во взвешенное состояние под влиянием различных факторов (взрыв в оборудовании, воздействие струй воздуха). Принимается на основании экспериментальных данных. При отсутствии данных – коэффициент принимается равным единице.

3.7. Массу пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, $m_{ав}$ в г вычисляют по формуле

$$m_{ав} = (m_а + q\tau_2) K_п, \qquad (22)$$

где $m_а$ – максимальная масса взрывоопасной пыли, мгновенно выбрасываемая в помещение из наибольшего по объему и производительности аппарата, г;

q – производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в помещение из аварийного аппарата до момента его отключения, $г \cdot с^{-1}$;

τ_2 – время, необходимое для отключения, принимается по п. 2.1.3;

$K_п$ – коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей в помещение. Величина $K_п$ принимается равной: для гранулированных веществ 0,1; для сыпучих с объемной массой 0,5 $г \cdot см^{-3}$ 0,2; для сыпучих с объемной массой до 0,5 $г \cdot см^{-3}$ 0,5; для тонкодисперных фракций пыли с дисперсностью до 350 мкм 1,0.

3.8. Расчетную массу пыли $m_р$ в г, образующую взрывоопасную смесь в объеме помещения, вычисляют по формуле

$$m_р = m_{р.вз} + m_{ав}. \qquad (23)$$

3.9. Максимально возможную массу горючей пыли, m_{max} в г при аварийном выбросе которой еще можно относить помещение к невзрывопожароопасным, вычисляют по формуле, исходя из условия, что избыточное давление взрыва должно быть не выше предельно допустимого

$$m_{max} = \frac{\Delta P_{доп} T_0 C_р \rho_в V_{св}}{P_0 Q Z}, \quad (24)$$

где $\Delta P_{доп}$ – предельно допустимый прирост давления для конструкций зданий и сооружений;

P_0 – атмосферное давление, кПа;

T_0 – температура воздуха в помещении, К;

$C_р$ – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж · кг$^{-1}$ × × К$^{-1}$;

$\rho_в$ – плотность воздуха, кг · м$^{-3}$;

$V_{св}$ – свободный объем помещения, принимаемый равным 80 % геометрического объема помещения, м^3;

Q – удельная теплота сгорания горючей пыли, кДж · кг$^{-1}$;

Z – коэффициент участия во взрыве. Принимается на основании экспериментальных данных. При отсутствии данных Z принимается равным единице.

3.10. Если $m_р$ превышает величину m_{max}, то помещение относится к взрывопожароопасным.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6
Рекомендуемое

МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА В (ОТ) ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЯХ

Настоящий метод распространяется на электротехнические изделия и устанавливает порядок экспериментального определения вероятности возникновения пожара в (от) них.

1. Сущность метода

1.1. Метод разработан в соответствии с рекомендуемым приложением 3.

1.2. Пожарная опасность электротехнического изделия (электроустановки) характеризуется вероятностью возникновения или развития пожара, связанной с возгоранием изделия или его составных частей, поддерживающих конструкционных материалов или веществ и материалов, соприкасающихся с электроустановкой, находящихся в зоне ее радиационного излучения, либо в зоне поражения электродугой или разлетающимися раскаленными (горящими) частями (частицами) от электроустановок.

1.3. Электротехническое изделие считают пожаробезопасным, если при испытании в характерном пожароопасном режиме вероятность возникновения пожара в нем (от него) не превысит 10^{-6} в год.

1.4. Характерный аварийный пожароопасный режим (далее – характерный пожароопасный режим) электротехнического изделия – это такой режим работы, при котором нарушается соответствие номинальных параметров и нормальных условий эксплуатации изделия или его составных частей, приводящий его к выходу из строя и создающий условия возникновения загорания.

1.5. Характерный пожароопасный режим устанавливают в ходе предварительных испытаний. Он должен быть из числа наиболее опасных в пожарном отношении режимов, которые возникают в эксплуатации и, по возможности, имеют наибольшую вероятность. В дальнейшем выбранный пожароопасный режим указывают в методике испытания изделия на пожарную опасность.

В зависимости от вида и назначения изделия, характерные испытательные пожароопасные режимы создают путем:

увеличения силы тока, протекающего через исследуемое электрическое изделие или его составную часть (повышение напряжения, короткое замыкание, перегрузка, двухфазное включение электротехнических устройств трехфазного тока, заклинивание ротора или других подвижных частей электрических машин и аппаратов и др.);

снижения эффективности теплоотвода от нагреваемых электрическим током деталей и поверхностей электрических устройств (закрытие поверхностей горючими материалами с малым коэффициентом теплопроводности, отсутствие жидкости в водоналивных приборах, выключение вентилятора в электрокалориферах и теплоэлектровентиляторах, понижение уровня масла или другой диэлектрической жидкости в маслонаполненных установках, снижение уровня жидкости, используемой в качестве теплоносителя и др.);

увеличение переходного сопротивления (величины падения напряжения, выделяющейся мощности) в контактных соединениях или коммутационных элементах;

повышения коэффициента трения и движущихся (вращающихся) элементах (имитация отсутствия смазки, износ поверхностей и т. п.);

воздействия на детали электроустановок электрических дуг (резкое перенапряжение, отсутствие дугогасительных решеток, выход из строя элементов, шунтирующих дугу, круговой огонь коллектора);

сбрасывания раскаленных (горящих) частиц, образующихся при аварийных режимах в электроустановках, на горючие элементы (частиц от оплавления никелевых электродов в лампах накаливания, частиц металлов, образующихся при коротких замыканиях в электропроводках, и т. п.);

расположения горючих материалов в зоне радиационного нагрева, создаваемого электроустановками;

пропускания тока по конструкциям и элементам, которые нормально не обтекают током, но могут им обтекаться в аварийных условиях;

создания непредусмотренного условиями работы, но возможного в аварийном режиме нагрева за счет электромагнитных полей.

2. Расчет вероятности возникновения пожара от электротехнического изделия

2.1. Вероятность возникновения пожара от электротехнического изделия вычисляют по формуле

$$Q\,(П) = Q\,(ТИ)\;Q\,(ГВ)\;Q\,(ВИ)\;Q\,(ЭИ)\;Q\,(В), \qquad (1)$$

где $Q\,(ТИ)$ – вероятность появления теплового источника зажигания в изделии (составной части изделия);

$Q\,(ГВ)$ – вероятность сосредоточения в изделии (или возле него) горючих веществ, представляющих пожарную опасность;

$Q\,(ВИ)$ – вероятность того, что время существования теплового источника достаточно для воспламенения горючей среды;

$Q\,(ЭИ)$ – вероятность того, что энергия (температура) теплового источника достаточна для воспламенения горючей среды;

$Q\,(В)$ – вероятность воспламенения горючего материала тепловым источником.

Вероятность воспламенения горючего материала $Q\,(В)$ вычисляют статистически в ходе лабораторных испытаний в условиях равенства $Q\,(ПР) = Q\,(НЗ) = 1$ по формуле

$$Q\ (B) = m/n, \qquad (2)$$

где m – количество образцов, в которых испытания заканчивались положительным исходом;

n – число опытов;

$Q\ (ПР)$ – вероятность возникновения характерного пожароопасного режима в составной части изделия (возникновения короткого замыкания, перегрузки, повышения переходного сопротивления и т. п.);

$Q\ (НЗ)$ – вероятность неисправности или неправильного выбора (загрубления) защиты (электрической, тепловой и т. п.);

2.2. За положительный исход опыта в данном случае в зависимости от вида электротехнического устройства принимают: воспламенение, появление дыма, достижение критического значения температуры при нагреве и т. п.

2.3. Задание характерного пожароопасного электротехнического фактора при проведении опытов по определению $Q\ (B)$ может осуществляться двумя способами: либо выбирают самое пожароопасное значение параметра и при нем проводят n опытов, либо, что более правильно, но и более трудоемко, проводят небольшие серии опытов при каждом значении пожароопасного параметра, лежащего в диапазоне его оптимальных пожароопасных значений, а затем определяют среднюю вероятность $Q\ (B)$ в диапазоне пожароопасных значений параметра.

2.4. Вероятность $Q\ (ГВ)$ зависит от конкретного вида изделий и определяется отношением количества составных частей изделия, содержащих горючие материалы (внутри или около них), к общему количеству составных частей изделия по формуле

$$Q\ (ГВ) = m_1/n_1, \qquad (3)$$

где m_1 – количество составных частей изделия, в которых сосредоточены горючие материалы или наблюдается вытекание и попадание в зону расположения пожароопасных составных частей изделия горючих изоляционных материалов;

n_1 – общее число составных частей изделия.

2.5. Значение величины вероятности $Q\ (ТИ)$ зависит от вида, назначения и условий эксплуатации электроустановок и может быть представлено формулой

$$Q\ (ТИ) = Q\ (ПР)\ Q\ (НЗ)\ Q\ (ПЗ), \qquad (4)$$

где $Q\ (ПЗ)$ – вероятность того, что величина характерного электротехнического параметра (тока, переходного сопротивления и др.) лежит в диапазоне пожароопасных значений.

2.6. Вероятность возникновения характерного пожароопасного режима $Q\ (ПР)$ определяют статистически по данным испытательных лабораторий предприятий-изготовителей или эксплуатационных служб.

2.7. Характерный пожароопасный режим с точки зрения пожарной опасности характеризуется величиной электротехнического параметра, при котором возможно появление признаков горения электротехнического изделия. Например: характерный пожароопасный режим – короткое замыкание $(КЗ)$; характерный электротехнический параметр этого режима – величина тока $КЗ$. Зажигание изделия возможно только в определенном диапазоне токов $КЗ$.

2.8. Вероятность $Q\ (НЗ)$ – это статистическая величина, которую при проведении лабораторных испытаний на воспламеняемость изделия поддерживают равной единице (защита постоянно отсутствует), а в расчете $Q\ (ТИ)$ принимают равной среднестатистической величине, имеющей место на тех объектах, где преимущественно используется изделие.

Условие пожаробезопасности имеет вид:

$$Q\ (П) = Q\ (ГВ)\ Q\ (ПР)\ Q\ (ПЗ)\ \ Q\ (НЗ)\ Q\ (В) \leqslant 10^{-6}. \qquad (5)$$

3. Проведение испытаний

3.1. Основной величиной, определяемой в ходе лабораторных испытаний электротехнических изделий, является вероятность их возгорания (появления пожароопасных признаков) *Q (B)*, расчет которой осуществляется в соответствии с (2).

3.2. При проведении испытаний, электротехнические изделия *(ЭИ)* должны находиться в рабочем положении с составными частями, которые могут оказать влияние на нагрев изделий.

Если *ЭИ* предназначено для работы в разных положениях, то его испытывают в положении, при котором ожидается наибольшая вероятность воспламенения.

3.3. Температура окружающей среды при проведении испытаний должна соответствовать максимальной положительной температуре, при которой, согласно стандартам или техническим условиям, допускается эксплуатация данного *ЭИ*.

При наличии статистических данных допускается учитывать вероятность возникновения максимума температуры.

3.4. Электропитание исследуемых *ЭИ* должно осуществляться соединительными шнурами, входящими в комплект поставки приборов или проводниками, оговоренными в соответствующих стандартах или технических условиях. При отсутствии таких указаний материалы и сечения проводников выбираются в зависимости от вида испытательного режима: по току продолжительного режима работы либо по условиям нагрева при коротком замыкании или перегрузках.

3.5. Испытания, связанные с созданием сверхтоков в исследуемых цепях (короткое замыкание, перегрузка), в необходимых случаях проводятся при загрубленной электрической защите (при отключенной тепловой автоматике).

4.Требования к образцам

4.1. Исследования пожарной опасности электроустановок проводят на образцах, отвечающих требованиям соответствующих стандартов или ТУ.

4.2. Выбор типоразмеров образцов (номинальная мощность, напряжение, вид материала, длина, сечение токоведущих жил и т. п.) производят на основании результатов предварительных испытаний с целью выявления наиболее пожароопасных вариантов.

4.3. Подлежащие испытанию образцы выбирают в количестве, достаточном для обеспечения необходимой достоверности и точности экспериментальных данных, а также исходя из обоснования экономической целесообразности выполнения требуемого числа экспериментов, но не менее трех.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7
Справочное

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

1. Рассчитать вероятность возникновения пожара и взрыва в отделении компрессии

1.1. Данные для расчета

Отделение компрессии этилена расположено в одноэтажном производственном здании размерами в плане 20 × 12 м и высотой 10 м. Стены здания – кирпичные с ленточным остеклением. Перекрытие – из ребристых железобетонных плит. Освеще-

ние цеха – электрическое, отопление – центральное. Цех оборудован аварийной вентиляцией с кратностью воздухообмена (n), равной восьми.

В помещении цеха размещается компрессор, который повышает давление поступающего из магистрального трубопровода этилена с $11 \cdot 10^5$ до $275 \cdot 10^5$ Па. Диаметр трубопроводов с этиленом равен 150 мм, температура этилена достигает 130 °С. Здание имеет молниезащиту типа Б.

Нижний концентрационный предел воспламенения этилена ($C_{НКПВ}$) в смеси с воздухом равен 2,75 %, поэтому в соответствии с СНиП II–90–81, производство по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории А, то есть в цехе возможно возникновение как пожара, так и взрыва. По условиям технологического процесса возникновение взрывоопасной концентрации в объеме помещения возможно только в аварийных условиях, поэтому помещение по классификации взрывоопасных зон относится к классу В-1а.

Пожарная опасность отделения компрессии складывается из пожарной опасности компрессорной установки и пожарной опасности помещения. Пожарная опасность компрессора обусловлена опасностью возникновения взрыва этиленовоздушной смеси внутри аппарата. Пожарная опасность помещения обусловлена опасностью возникновения пожара в цехе, а также опасностью возникновения взрыва этиленовоздушной смеси в объеме цеха при выходе этилена из газовых коммуникаций при аварии.

1.2. Расчет

Возникновение взрыва в компрессоре обусловлено одновременным появлением в цилиндре горючего газа, окислителя и источника зажигания.

По условиям технологического процесса в цилиндре компрессора постоянно обращается этилен, поэтому вероятность появления в компрессоре горючего газа равна единице, $Q_К\,(ГВ) = Q_К\,(ГВ_1) = Q_К\,(\lambda_1) = 1$.

Появление окислителя (воздуха) в цилиндре компрессора возможно при заклинивании всасывающего клапана. В этом случае в цилиндре создается разрежение, обусловливающее подсос воздуха через сальниковые уплотнения. Для отключения компрессора при заклинивании всасывающего клапана имеется система контроля давления, которая отключает компрессор через 10 с после заклинивания клапана. Обследование показало, что за год наблюдалось 10 случаев заклинивания клапанов. Тогда вероятность разгерметизации компрессора равна

$$Q_К\,(S_2) = \frac{K_Б}{\tau_р} \sum_{j=1}^{m} \tau_j = \frac{1}{525600} \cdot \frac{10 \cdot 10}{60} = 3{,}2 \cdot 10^{-6}.$$

Анализируемый компрессор в течение года находился в рабочем состоянии 4000 ч, поэтому вероятность его нахождения под разряжением равна

$$Q_К\,(S_1) = \frac{K_Б}{\tau_р} \sum_{j=1}^{m} \tau_j = \frac{1}{525600} \cdot 2000 \cdot 60 = 2{,}3 \cdot 10^{-1}.$$

Откуда вероятность подсоса воздуха в компрессоре составит величину

$$Q_К\,(b_2) = Q_К\,(S_1)\,Q_К\,(S_2) = 2{,}3 \cdot 10^{-1} \cdot 3{,}2 \cdot 10^{-6} = 7{,}4 \cdot 10^{-7}.$$

Таким образом, вероятность появления в цилиндре компрессора достаточного количества окислителя в соответствии с (10) рекомендуемого приложения 3 равна

$$Q_К\,(ОК) = Q_К\,(ОК_1) = Q_К\,(b_2) = 7{,}4 \cdot 10^{-7}.$$

Откуда вероятность образования горючей среды в цилиндре компрессора в соответствии с (5) рекомендуемого приложения 3 будет равна

$$Q_к\ (ГС) = Q_к\ (ГВ)\ Q_к\ (ОК) = 1 \cdot 7{,}4 \cdot 10^{-7} = 7{,}4 \cdot 10^{-7}.$$

Источником зажигания этиленовоздушной смеси в цилиндре компрессора могут быть только искры механического происхождения, возникающие при разрушении узлов и деталей поршневой группы из-за потери прочности материала или при ослаблении болтовых соединений.

Статистические данные показывают, что за анализируемый период времени наблюдался один случай разрушения деталей поршневой группы, в результате чего в цилиндре компрессора в течение 2 мин наблюдалось искрение. Поэтому вероятность появления в цилиндре компрессора фрикционных искр в соответствии с (8) и (15) рекомендуемого приложения 3 равна

$$Q_к\ (ТИ) = Q_к\ (ТИ_3) = Q_к\ (f_3) = \frac{K_б}{\tau_р} \sum_{j=1}^{m} \tau_j = \frac{1}{525600} \cdot 2 = 3{,}8 \cdot 10^{-6}.$$

Оценим энергию искр, возникающих при разрушении деталей поршневой группы компрессора. Зная, что скорость движения этих деталей составляет 20 м $\cdot$ с$^{-1}$, а их масса равна 10 кг и более, найдем энергию соударения по формуле

$$E = \frac{mw^2}{2} = 2000 \text{ Дж}.$$

Известно, что фрикционные искры твердых сталей при энергиях соударения порядка 1000 Дж поджигают метановоздушные смеси с минимальной энергией зажигания 0,28 мДж.

Минимальная энергия зажигания этиленовоздушной смеси равна 0,12 мДж, а энергия соударения тел значительно превышает 1000 Дж, следовательно энергия и время существования фрикционных искр, возникающих при разрушении деталей поршневой группы, достаточны для зажигания этиленовоздушной смеси. Отсюда

$$Q_к\ (ЭИ) = 1, Q_к\ (ВИ) = 1.$$

Тогда вероятность появления в цилиндре компрессора источника зажигания в соответствии с (13) рекомендуемого приложения 3 равна

$$Q_к\ (ИЗ) = Q_к\ (ТИ)\ Q_к\ (ЭИ)\ Q_к\ (ВИ) = 3{,}8 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 1 = 3{,}8 \cdot 10^{-6}.$$

Таким образом, вероятность взрыва этиленовоздушной смеси внутри компрессора будет равна

$$Q_к\ (ВТА) = Q_к\ (ГС)\ Q_к\ (ИЗ) = 7{,}4 \cdot 10^{-7} \cdot 3{,}8 \cdot 10^{-6} = 2{,}8 \cdot 10^{-12}.$$

Наблюдение за производством показало, что трижды за год (m =3) отмечалась разгерметизация коммуникаций с этиленом и газ выходил в объем помещения. Рассчитываем время образования взрывоопасной концентрации в локальном облаке, занимающем 5 % от объема цеха.

Режим истечения этилена из трубопровода при разгерметизации фланцевых соединений вычисляют из выражения

$$\frac{P_{атм}}{P_{раб}} = \frac{1 \cdot 10^5}{275 \cdot 10^5} = 0{,}00364 < \nu_{кр} = 0{,}528,$$

где $P_{атм}$ – атмосферное давление, Па;

$P_{раб}$ – рабочее давление в трубопроводах с этиленом, Па;

$\nu_{кр}$ – критическое отношение.

То есть истечение происходит со звуковой скоростью w, равной

$$w = 3{,}34\sqrt{\frac{848}{M}\cdot T_{раб}} = 3{,}34\sqrt{\frac{848}{28}\cdot 403}\ м\cdot с^{-1} = 369\ м\cdot с^{-1}.$$

Площадь щели F при разгерметизации фланцевого соединения трубопровода диаметром 150 мм и толщиной щели 0,5 мм равна

$$F = \pi d \delta = 1{,}2\cdot 10^{-4}\ м^2.$$

Расход этилена – g через такое отверстие будет равен

$$g = 369\ м\cdot с^{-1}\cdot 0{,}00012\ м^2 = 0{,}044\ м^3\cdot с^{-1}.$$

Тогда время образования локального взрывоопасного облака, занимающего 5 % от объема цеха при работе вентиляции, будет равно

$$\tau_1 = \frac{3600}{n}\ln\left(\frac{g}{g - \dfrac{C_{НКПВ}\cdot n\cdot V}{100\cdot 2\cdot 3600}}\right) =$$

$$= \frac{3600}{8}\ln\left(\frac{0{,}044}{0{,}044 - \dfrac{2{,}75\cdot 8\cdot 0{,}05\cdot 2400}{100\cdot 2\cdot 3600}}\right) = 0{,}66\ мин.$$

с

Учитывая, что из всей массы этилена, вышедшего в объем помещения, только 70 % участвуют в образовании локального взрывоопасного облака (рекомендуемое приложение 5), время образования этого облака и время его существования после устранения утечки этилена будет равно

$$\tau_2 = \frac{\tau_1}{0{,}7} = 0{,}94\ мин.$$

Время истечения этилена при имевших место авариях за анализируемый период времени было равно 4,5 мин, 5 мин и 5,5 мин. Тогда общее время существования взрывоопасного облака, занимающего 5 % от объема помещения и представляющего опасность при взрыве для целостности строительных конструкций и жизни людей, с учетом работы аварийной вентиляции будет равно

$$\sum_{j=1}^{3}\tau_j = m\ [(\tau_0 - \tau_2) + \tau_2] = m\tau_0 = 15\ мин.$$

Откуда вероятность появления в объеме помещения достаточного для образования горючей смеси количества этилена равно

$$Q_П(ГВ_в) = Q_П(ГВ_1) = Q_П(a_2) = \frac{K_б}{\tau_р}\sum_{j=1}^{3}\tau_j = \frac{1{,}25}{525600}\cdot 15 = 3{,}6\cdot 10^{-5}.$$

Учитывая, что в объеме помещения постоянно имеется окислитель, получим

$$Q_{\text{п}}\,(ОК) = Q_{\text{п}}\,(ОК_1) = Q_{\text{п}}(b_3) = 1.$$

Тогда вероятность образования горючей смеси этилена с воздухом в объеме помещения будет равна

$$Q_{\text{п}}\,(ГС_{\text{в}}) = Q_{\text{п}}\,(ГВ_{\text{в}})\,Q_{\text{п}}\,(ОК) = 3{,}6 \cdot 10^{-5} \cdot 1 = 3{,}6 \cdot 10^{-5}.$$

Основными источниками зажигания взрывоопасного этиленовоздушного облака в помещении могут быть электроприборы (в случае их несоответствия категории и группе взрывоопасной среды), открытый огонь (при проведении огневых работ), искры от удара (при различных ремонтных работах) и разряд атмосферного электричества.

Пожарно-техническим обследованием отделения компрессии установлено, что 5 электросветильников марки ВЗГ, в разное время, в течение 120, 100, 80, 126 и 135 ч эксплуатировались с нарушением щелевой защиты.

Вероятность нахождения электросветильников в неисправном состоянии равна

$$Q_{\text{п}}(e_3) = \frac{K_{\text{б}}}{\tau_{\text{р}}} \sum_{j=1}^{5} \tau_{\text{j}} = \frac{1{,}2}{525600} \cdot 33600 = 7{,}7 \cdot 10^{-2}.$$

Так как температура колбы электролампочки мощностью 150 Вт равна 350 °С, а температура самовоспламенения этилена 540 °С, следовательно нагретая колба не может быть источником зажигания этиленовоздушной смеси.

Установлено, что за анализируемый период времени в помещении 6 раз проводились газосварочные работы по 6, 8, 10, 4, 3 и 5 ч каждая. Поэтому вероятность появления в помещении открытого огня будет равна

$$Q_{\text{п}}\,(ТИ_4) = Q_{\text{п}}(h_2) = \frac{K_{\text{б}}}{\tau_{\text{р}}} \sum_{j=1}^{6} \tau_{\text{j}} = \frac{1{,}4}{525600} \cdot 2160 = 5{,}8 \cdot 10^{-3}.$$

Так как температура пламени газовой горелки и время ее действия значительно превышают температуру самовоспламенения и время, необходимое для зажигания этиленовоздушной смеси, получаем, что

$$Q_{\text{п}}\,(ЭИ_{\text{ТИ}_4}) = 1, Q_{\text{п}}\,(ВИ_{\text{ТИ}_4}) = 1.$$

Ремонтные работы с применением искроопасного инструмента в помещении за анализируемый период времени не проводились.

Вычисляем вероятность появления в помещении разряда атмосферного электричества.

Помещение расположено в местности с продолжительностью грозовой деятельности 50 ч · год$^{-1}$, поэтому $n = 6$ км$^{-2}$ · год$^{-1}$. Отсюда, в соответствии с (18) рекомендуемого приложения 3 число ударов молнии в здание равно

$$N_{\text{у.м}} = (L + 6H)(S + 6H) \cdot n \cdot 10^{-6} = 3{,}4 \cdot 10^{-2}.$$

Тогда вероятность прямого удара молнии будет равна

$$Q_{\text{п}}(t_2) = 1 - e^{-N_{\text{у.м}} \cdot \tau_{\text{р}}} = 3{,}4 \cdot 10^{-2}.$$

Вычисляем вероятность отказа исправной молниезащиты типа Б здания компрессорной по (20) рекомендуемого приложения 3

$$Q_{\text{п}}(t_1) = 1 - \beta_{\text{б}} = 1 - 0{,}95 = 5 \cdot 10^{-2}.$$

Таким образом, вероятность поражения здания молнией равна

$$Q_{\text{п}}(C_1) = Q_{\text{п}}(t_1)\, Q_{\text{п}}(t_2) = 1{,}7 \cdot 10^{-3}.$$

Пожарно-техническим обследованием установлено, что защитное заземление, имеющееся в здании, находится в исправном состоянии, поэтому

$$Q_{\text{п}}(C_2) = 0, Q_{\text{п}}(C_3) = 0.$$

Тогда

$$Q_{\text{п}}(ТИ_1) = Q_{\text{п}}(C_1) = 1{,}7 \cdot 10^{-3}.$$

Учитывая параметры молнии получим

$$Q_{\text{п}}(ЭИ_{\text{ТИ}_1}) = 1, Q_{\text{п}}(ВИ_{\text{ТИ}_1}) = 1.$$

Откуда

$$Q_{\text{п}}(ИЗ) = Q_{\text{п}}(ТИ)\, Q_{\text{п}}(ЭИ)\, Q_{\text{п}}(ВИ) = [Q_{\text{п}}(ТИ_1) + Q_{\text{п}}(ТИ_4)]\, Q_{\text{п}}(ЭИ)\, Q_{\text{п}}(ВИ) = (1{,}7 \cdot 10^{-3} + 5{,}8 \cdot 10^{-3}) \cdot 1 \cdot 1 = 7{,}5 \cdot 10^{-3}.$$

Таким образом, вероятность взрыва этиленовоздушной смеси в объеме помещения будет равна

$$Q(ВО) = Q_{\text{п}}(ГС_1)\, Q_{\text{п}}(ИЗ) = 3{,}6 \cdot 10^{-5} \cdot 7{,}5 \cdot 10^{-3} = 2{,}7 \cdot 10^{-7}.$$

Рассчитаем вероятность возникновения пожара в помещении компрессорной. Наблюдение за объектом позволило установить, что примерно 255 ч · год$^{-1}$ в помещении компрессорной, в нарушение правил пожарной безопасности, хранились разнообразные горючие материалы (ветошь, деревянные конструкции, древесные отходы и т.п.), не предусмотренные технологическим регламентом. Поэтому вероятность появления в помещении горючих веществ равна

$$Q_{\text{п}}(ГВ_{\text{п}}) = Q_{\text{п}}(ГВ_4) = \frac{K_{\text{б}}}{\tau_{\text{р}}} \sum_{j=1}^{1} \tau_j = \frac{1}{525600} \cdot 255 \cdot 60 = 2{,}6 \cdot 10^{-2}.$$

Откуда вероятность образования в цехе пожароопасной среды равна

$$Q_{\text{п}}(ГС_{\text{п}}) = Q_{\text{п}}(ГВ_{\text{п}})\, Q_{\text{п}}(ОК) = 2{,}6 \cdot 10^{-2}.$$

Из зафиксированных тепловых источников, которые могут появиться в цехе, источником зажигания для твердых горючих веществ является только открытый огонь и разряды атмосферного электричества, поэтому вероятность возникновения в отделении компрессии пожара равна

$$Q(ПО) = Q_{\text{п}}(ГС_{\text{п}})\, Q_{\text{п}}(ИЗ) = 2{,}6 \cdot 10^{-2} \cdot 7{,}5 \cdot 10^{-3} = 1{,}9 \cdot 10^{-4}.$$

Таким образом, вероятность того, что в отделении компрессии произойдет взрыв либо в самом компрессоре, либо в объеме цеха составит величину

$$Q\ (ВП) = 1 - [1 - Q_к\ (ВТА)]\ [1 - Q\ (ВО)] = 1 - (1 - 2{,}8 \cdot 10^{-12}) \times$$

$$\times\ (1 - 2{,}7 \cdot 10^{-7}) = 2{,}7 \cdot 10^{-7}.$$

Вероятность того, что в компрессорной возникает либо пожар, либо взрыв, равна

$$Q\ (ПЗ\ или\ ВЗ) = Q\ (ВП) + Q\ (ПО) = 2{,}7 \cdot 10^{-7} + 1{,}9 \cdot 10^{-4} = 1{,}9 \cdot 10^{-4}.$$

1.3. Заключение

Вероятность возникновения в компрессорной взрыва равна $2{,}7 \cdot 10^{-7}$ в год, что соответствует одному взрыву в год в 3703704 аналогичных зданиях, а вероятность возникновения в нем или взрыва, или пожара равна $1{,}9 \cdot 10^{-4}$ в год, то есть один пожар или взрыв в год в 5263 аналогичных помещениях.

2. Рассчитать вероятность возникновения пожара в резервуаре РВС-20000 НПС "Торголи"

2.1. Данные для расчета

В качестве пожароопасного объекта взят резервуар с нефтью объемом 20000 м^3. Расчет ведется для нормальной эксплуатации технически исправного резервуара.

Средняя рабочая температура нефти T = 311 К. Нижний и верхний температурные пределы воспламенения нефти равны: $T_{НПВ}$ = 249 К, $T_{ВПВ}$ = 265 К. Количество оборотов резервуара в год $n_{об}$ = 24 год$^{-1}$. Время существования горючей среды в резервуаре при откачке за один оборот резервуара $\tau_{отк}$ = 10 ч (исключая длительный простой). Радиус резервуара РВС-20000 R = 22,81 м. Высота резервуара $H_р$ = 11,9 м. Число ударов молнии n = 6 км$^{-2}$ · год$^{-1}$. На резервуаре имеется молниезащита типа Б, поэтому $\beta_б$ = 0,95. Число искроопасных операций при ручном измерении уровня $N_{з.у}$ = = 1100 год$^{-1}$. Вероятность штиля (скорость ветра $u \leqslant 1$ м · с$^{-1}$) $Q_ш\ (u \leqslant 1)$ = 0,12. Число включений электрозадвижек $N_{эз}$ = 40 год$^{-1}$. Число искроопасных операций при проведении техобслуживания резервуара $N_{ТО}$ = 24 год$^{-1}$. Нижний и верхний концентрационные пределы воспламенения нефтяных паров $C_{НКПВ}$ = 0,02 % (по объему), $C_{ВКПВ}$ = 0,1 % (по объему). Производительность операции наполнения g = 0,56 м^3 × × с$^{-1}$. Рабочая концентрация паров в резервуаре $C_р$ = 0,4 % (по объему). Продолжительность выброса богатой смеси $\tau_{бог}$ = 5 ч.

2.2. Расчет

Так как на нефтепроводах средняя рабочая температура жидкости (нефти) $\bar{T}$ выше среднемесячной температуры воздуха, то за расчетную температуру поверхностного слоя нефти принимаем $\bar{T}$.

Из условия задачи видно, что $\bar{T} > T_{ВКПВ}$, поэтому при неподвижном уровне нефти вероятность образования горючей смеси внутри резервуара равна нулю $Q^{н}_{в}\ (ГС) = 0$, а при откачке нефти равна

$$Q^{от}_{в}\ (ГС) = \frac{n_{об} \cdot \tau_{отк}}{\tau_р} = \frac{24 \cdot 10}{8760} = 2{,}74 \cdot 10^{-2}.$$

Таким образом, вероятность образования горючей среды внутри резервуара в течение года будет равна

$$Q_в\ (ГС) = 1 - \prod_{i=1}^{2} [1 - Q_i\ (ГС)] = Q^{н}_{в}\ (ГС) + Q^{от}_{в}\ (ГС) = 2{,}74 \cdot 10^{-2}.$$

Вычислим число попаданий молнии в резервуар по (19) рекомендуемого приложения 3

$$N_{у.м} = (2R + 6H_р)^2 \cdot n_у \cdot 10^{-6} = (2 \cdot 22{,}81 + 6 \cdot 11{,}9)^2\ 6 \cdot 10^{-6} = 8{,}2 \cdot 10^{-2}.$$

Тогда вероятность прямого удара молнии в резервуар в течение года, вычисленная по (17) рекомендуемого приложения 3, равна

$$Q_р(t_2) = 1 - e^{N_{у.м} \cdot \tau_р} = 1 - e^{-8{,}2 \cdot 10^{-2} \cdot 1} = 7{,}9 \cdot 10^{-2}.$$

Вычислим вероятность отказа молниезащиты в течение года при исправности молниеотвода по (20) рекомендуемого приложения 3.

$$Q_р(t_1) = (1 - \beta_б) = 1 - 0{,}95 = 5 \cdot 10^{-2}.$$

Таким образом, вероятность поражения молнией резервуара, в соответствии с (16) рекомендуемого приложения 3, равна

$$Q_р(C_1) = Q_р(t_1)\ Q_р(t_2) = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 7{,}9 \cdot 10^{-2} = 3{,}9 \cdot 10^{-3}.$$

Обследованием установлено, что имеющееся на резервуаре защитное заземление находится в исправном состоянии, поэтому вероятность вторичного воздействия молнии на резервуар и заноса в него высокого потенциала равны нулю $Q_п(C_2) = 0$ и $Q_р(C_3) = 0$.

В соответствии с (15) рекомендуемого приложения 3 вероятность появления в резервуаре разряда атмосферного электричества равна

$$Q_р(ТИ_1) = 1 - \prod_{i=1}^{3} [1 - Q_р(C_п)] = Q_р(C_1) + Q_р(C_2) + Q_р(C_3) = 3{,}9 \cdot 10^{-3}.$$

Появление фрикционных искр в резервуаре возможно только при проведении искроопасных ручных операций при измерении уровня и отборе проб. Поэтому вероятность $Q_р(ТИ_3)$ в соответствии с (17) и (25) рекомендуемого приложения 3 равна

$$Q_р(ТИ_3) = Q_р(f_1)\ Q(ОП) = (1 - e^{-N_{зу}\ \tau_р}) \cdot 1{,}52 \cdot 10^{-3} = (1 - e^{-1100 \cdot 1}) \cdot 1{,}52 \cdot 10^{-3} = 1{,}52 \cdot 10^{-3}.$$

В этой формуле $Q(ОП) = 1{,}52 \cdot 10^{-3}$ – вероятность ошибки оператора, выполняющего операции измерения уровня.

Таким образом, вероятность появления в резервуаре теплового источника в соответствии с (14) рекомендуемого приложения 3 равна

$$Q_р(ТИ) = 1 - \prod_{k=1}^{2} [1 - Q_р(ТИ_к)] = Q_р(ТИ_1) + Q_р(ТИ_3) = 5{,}4 \cdot 10^{-3}.$$

Полагая, что энергия и время существования этих источников достаточны для воспламенения горючей среды, из (13) рекомендуемого приложения 3 получим $Q_р(ИЗ) = 5{,}4 \cdot 10^{-3}$.

Тогда вероятность возникновения пожара внутри резервуара, в соответствии с (3) рекомендуемого приложения 3, равна

$$Q_в(ПР) = Q_р(ИЗ)\ Q_р(ГС) = 5{,}4 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}74 \cdot 10^{-2} = 1{,}5 \cdot 10^{-4}.$$

Из условия задачи следует, что рабочая концентрация паров в резервуаре выше верхнего концентрационного предела воспламенения, то есть в резервуаре при неподвижном слое нефти находится негорючая среда. При наполнении резервуара нефтью в его

окрестности образуется горючая среда, вероятность выброса которой можно вычислить по (8) рекомендуемого приложения 3

$$Q_{ор}\ (БГС) = \frac{K_б\, n_{сб}\, \tau_{бог}}{\tau_р} = \frac{1 \cdot 24 \cdot 5}{8760} = 1{,}37 \cdot 10^{-2}.$$

Во время тихой погоды (скорость ветра меньше 1 м · с $^{-1}$) около резервуара образуется взрывоопасная зона, вероятность появления которой равна

$$Q_{ор}\ (ГС) = Q_{ор}\ (БГС)\ Q_{ш}\ (u < 1) = 1{,}37 \cdot 10^{-2} \cdot 0{,}12 = 1{,}6 \cdot 10^{-3}.$$

Диаметр этой взрывоопасной зоны равен

$$D_з = 2R + 10 \cdot H_р \left(\frac{g \cdot C_р}{C_{НКПВ} \cdot H_р^2} \right)^{0{,}86} = 2 \cdot 22{,}81 + 10 \cdot 11{,}9 \left(\frac{0{,}56 \cdot 0{,}4}{0{,}02 \cdot 11{,}9^2} \right)^{0{,}86} м = 59\ м.$$

Определим число ударов молнии во взрывоопасную зону

$$N_{у.м}^{бог} = [D_з + 6(H_р + 5)]^2\, n \cdot 10^{-6} = [59 + 6(11{,}9 + 5)]^2\, 6 \cdot 10^{-6} = 1{,}5 \cdot 10^{-1}.$$

Тогда вероятность прямого удара молнии в данную зону равна

$$Q_{вз}\ (t_2) = 1 - e^{-N_{у.м}^{бог}\ \tau_р} = 1 - e^{-0{,}15} = 1{,}4 \cdot 10^{-1}.$$

Так как вероятность отказа молниезащиты $Q_р\ (t_1) = 5 \cdot 10^{-2}$, то вероятность поражения молнией взрывоопасной зоны равна

$$Q_{вз}\ (C_1) = Q_р\ (t_1)\ Q_{вз}\ (t_2) = 5 \cdot 10^{2} \cdot 1{,}4 \cdot 10^{-1} = 7 \cdot 10^{-3}.$$

Откуда $Q_{вз}\ (ТИ_1) = 7 \cdot 10^{-3}$.

Вероятность появления около резервуара фрикционных искр равна

$$Q_{вз}\ (ТИ_3) = Q\ (ОП)\ Q_{вз}\ (f_1) = 1{,}52 \cdot 10^{-3}\ [1 - e^{-(N_{зу} + N_{ТО})\ \tau_р}] =$$

$$= 1{,}52 \cdot 10^{-3}\ [1 - e^{-(1100 + 24) \cdot 1}] = 1{,}52 \cdot 10^{-3}.$$

Наряду с фрикционными искрами, в окрестностях резервуара возможно появление электрических искр замыкания и размыкания контактов электрозадвижек. Учитывая соответствие исполнения электрозадвижек категории и группе взрывоопасной смеси, вероятность появления электрических искр вычислим по (17) и (22) рекомендуемого приложения 3

$$Q_{вз}\ (ТИ_2) = Q_{вз}\ (e_3) = 10^{-8}\ (1 - e^{-N_{эз} \cdot \tau_р}) = 10^{-8}\ (1 - e^{-40 \cdot 1}) = 10^{-8}.$$

Таким образом, вероятность появления около резервуара теплового источника в соответствии с (14) рекомендуемого приложения 3 составит величину

$$Q_{вз}\ (ТИ) = 1 - \prod_{k=1}^{m} [1 - Q_{вз}\ (ТИ_к)] = Q_{вз}\ (ТИ_1) + Q_{вз}\ (ТИ_2) + Q_{вз}\ (ТИ_3) =$$

$$= 7 \cdot 10^{-3} + 1 \cdot 10^{-8} + 1{,}52 \cdot 10^{-3} = 8{,}5 \cdot 10^{-3}.$$

Полагая, что энергия и время существования этих источников достаточны для

зажигания горючей среды, из (13) рекомендуемого приложения 3, получим

$$Q_{вз}\ (ИЗ) = 8{,}5 \cdot 10^{-3}.$$

Тогда вероятность возникновения взрыва в окрестностях резервуара в соответствии с (3) рекомендуемого приложения 3 равна

$$Q_{н}\ (ВР) = Q_{ор}\ (ГС)\ Q_{вз}\ (ИЗ) = 1{,}4 \cdot 10^{-4}.$$

Откуда вероятность возникновения в зоне резервуара либо пожара, либо взрыва составит величину

$$Q\ (ПВР) = 1 - [(1 - Q_{в}\ (ПР)]\ [1 - Q_{н}\ (ВР)] = Q_{в}\ (ПР) + Q_{н}\ (ВР) =$$

$$= 2{,}9 \cdot 10^{-4}.$$

2.3. Заключение

Вероятность возникновения в зоне резервуара пожара или взрыва составляет $2{,}9 \cdot 10^{-4}$, что соответствует одному пожару или взрыву в год в массиве из 3448 резервуаров, работающих в условиях аналогичных расчетному.

3. Определить вероятность воздействия ОФП на людей при пожаре в проектируемой 15-ти этажной гостинице при различных вариантах системы противопожарной защиты

3.1. Данные для расчета

В здании предполагается устройство вентиляционной системы противодымной защиты *(ПДЗ)* с вероятностью эффективного срабатывания $R_1 = 0{,}95$ и системы оповещения людей о пожаре *(ОЛП)* с вероятностью эффективного срабатывания $R_2 = 0{,}95$. Продолжительность пребывания отдельного человека в объекте в среднем 18 ч · сут$^{-1}$ независимо от времени года. Статистическая вероятность возникновения пожара в аналогичных объектах в год равна $4 \cdot 10^{-4}$. В качестве расчетной ситуации принимаем случай возникновения пожара на первом этаже. Этаж здания рассматриваем как одно помещение. Ширина поэтажного коридора 1,5 м, расстояние от наиболее удаленного помещения этажа до выхода в лестничную клетку 40 м, через один выход эвакуируются 50 человек, ширина выхода 1,2 м. Нормативную вероятность $Q_{в}^{н}$ принимаем равной $1 \cdot 10^{-6}$, вероятность $P_{дв}$ равной $1 \cdot 10^{-3}$.

3.2. Расчет

Оценку уровня безопасности определяем для людей, находящихся на 15-ом этаже гостиницы (наиболее удаленном от выхода в безопасную зону) при наличии систем *ПДЗ* и *ОЛП*. Так как здание оборудовано вентиляционной системой *ПДЗ*, его лестничные клетки считаем незадымляемыми. Вероятность $Q_{в}$ вычисляем по (7) рекомендуемого приложения 2

$$Q_{в} = 0{,}0004 \{1 - [1 - (1 - 0{,}95)\ (1 - 0{,}95)]\} = 1 \cdot 10^{-6}.$$

Учитывая, что отдельный человек находится в гостинице 18 ч, то вероятность его присутствия в здании при пожаре принимаем равной отношению $\frac{18}{24} = 0{,}75$. С учетом этого окончательно величина $Q_{в}$ будет равна $0{,}75 \cdot 10^{-6}$, что меньше $Q_{в}^{н}$. Условие (2) рекомендуемого приложения 2 выполняется, поэтому безопасность людей в здании на случай возникновения пожара обеспечена. Рассмотрим вариант компоновки противопожарной защиты без системы оповещения. При этом время блокирования эвакуаци-

онных путей $\tau_{бл}$ на этаже пожара принимаем равным 1 мин в соответствии с требованиями строительных норм и правил проектирования зданий и сооружений. Расчетное время эвакуации $t_р$, определенное в соответствии с теми же нормами, равно 0,47 мин. Время начала эвакуации $\tau_{н.э}$ принимаем равным 2 мин. Вероятность эвакуации $P_{э.п}$ для этажа пожара вычисляем по (5) рекомендуемого приложения 2

$$P_{э.п} = \frac{1 - 0{,}47}{2} = 0{,}265.$$

Вероятность $Q_в$ вычисляем по (3) рекомендуемого приложения 2

$$Q_в = 0{,}0004 \{1 - [1 - (1 - 0{,}265)(1 - 0{,}001)]\} (1 - 0{,}95) = 146 \cdot 10^{-7}.$$

Поскольку $Q_в > Q_в^н$, то условие безопасности для людей по (2), рекомендуемого приложения 2 на этаже пожара, и, следовательно, в рассматриваемом объекте, не выполняется при отсутствии системы оповещения.

4. Определить категорию и класс взрывоопасной зоны помещения, в котором размещается технологический процесс с использованием ацетона

4.1. Данные для расчета

Ацетон находится в аппарате с максимальным объемом заполнения $V_{ап}$, равным 0,07 м^3 и в центре помещения над уровнем пола. Длина L_1 напорного и обводящего трубопроводов диаметром d 0,05 м равна соответственно 3 и 10 м. Производительность q насоса 0,01 м^3 · мин$^{-1}$. Отключение насоса автоматическое. Объем $V_п$ помещения составляет 10000 м^3 (48 × 24 × 8,7). Основные строительные конструкции здания железобетонные и предельно допустимый прирост давления $\Delta P_{доп}$ для них составляет 25 кПа. Кратность A аварийной вентиляции равна 10 ч$^{-1}$. Скорость воздушного потока u в помещении при работе аварийной вентиляции равна 1,0 м · с$^{-1}$. Температура ацетона равна температуре воздуха и составляет 293 К. Плотность ρ ацетона 792 кг · м$^{-3}$.

4.2. Расчет

Объем ацетона, вышедшего из трубопроводов, составляет

$$V_{тр} = q\tau + \frac{\pi d^2}{4} L_1 = 0{,}01 \cdot 2 \text{ м}^3 + \frac{3{,}14 \cdot 0{,}05^2}{4} \cdot 13 \text{ м}^3 = 0{,}046 \text{ м}^3,$$

где τ – время автоматического отключения насоса, равное 2 мин.

Объем поступившего ацетона в помещение

$$V_а = V_{тр} + V_{ап} = 0{,}046 \text{ м}^3 + 0{,}07 \text{ м}^3 = 0{,}116 \text{ м}^3.$$

Площадь разлива ацетона принимаем равной 116 м^2 по п. 2.1.4 рекомендуемого приложения 5.

Скорость испарения равна

$$W_{исп} = 1{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 7{,}7 \sqrt{58{,}08} \cdot 24{,}54 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2} = 1{,}44 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Масса паров ацетона, образующихся при аварийном разливе, будет равна

$$m_п = 1{,}44 \cdot 10^{-3} \cdot 116 \cdot 3600 \text{ кг} = 601{,}3 \text{ кг}.$$

Следовательно, принимаем, что весь разлившийся ацетон за время аварийной ситуации, равное 3600 с, испарится в объем помещения, т. е.

$$m_{\text{п}} = 0{,}116 \cdot 792 \text{ кг} = 91{,}9 \text{ кг}.$$

Стехиометрическая концентрация паров ацетона при $\beta = 4$ равна

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4{,}84 \cdot 4} \% \text{ (по объему)} = 4{,}91 \% \text{ (по объему)}.$$

Концентрация насыщенных паров получается равной

$$C_{\text{н}} = 100 \frac{24{,}54}{101{,}3} \% \text{ (по объему)} = 24{,}22 \% \text{ (по объему)}.$$

Отношение $C_{\text{н}}/(1{,}9 \cdot C_{\text{ст}}) > 1$, следовательно, согласно п. 1.4 и чертежу рекомендуемого приложения 5 принимаем $Z = 0{,}3$.

Свободный объем помещения

$$V_{\text{св}} = 0{,}8 \cdot 10000 \text{ м}^3 = 8000 \text{ м}^3.$$

Время испарения составит

$$T = \frac{91900}{1{,}44 \cdot 116} = 550 \text{ с} = 0{,}153 \text{ ч}.$$

Коэффициент получается равным

$$K = 10 \cdot 0{,}153 + 1 = 2{,}53.$$

Максимально возможная масса ацетона

$$m_{\max} = \frac{25 \cdot 4{,}91 \cdot 8000 \cdot 2{,}414 \cdot 2{,}53}{800 \cdot 100 \cdot 0{,}3} \text{ кг} = 249{,}8 \text{ кг}$$

Поскольку $m_{\text{п}}$ (91,9 кг) $< m_{\max}$ (249,8 кг), то помещение в целом относится к невзрывопожароопасным.

Расстояния $X_{\text{НКПВ}}$, $Y_{\text{НКПВ}}$ и $Z_{\text{НКПВ}}$ составляют при уровне значимости $Q = 5 \times 10^{-2}$

$$X_{\text{НКПВ}} = Y_{\text{НКПВ}} = 1{,}1958 \cdot 48 \left(\frac{550}{3600} \ln \frac{1{,}27 \cdot 2{,}59}{2{,}91} \right)^{0{,}5} \text{м} = 7{,}85 \text{ м},$$

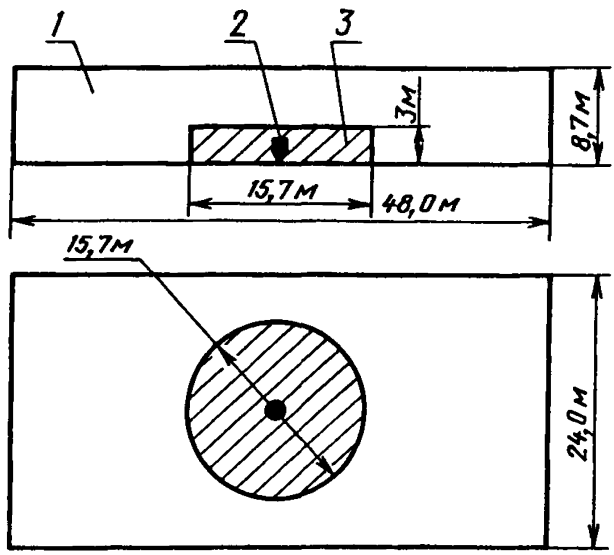
$$Z_{\text{НКПВ}} = 0{,}3536 \cdot 8{,}7 \left(\frac{550}{3600} \ln \frac{1{,}27 \cdot 2{,}59}{2{,}91} \right)^{0{,}5} \text{м} = 0{,}42 \text{ м},$$

где $C_0 = 24{,}22 \left(\frac{91{,}9 \cdot 100}{2{,}53 \cdot 24{,}22 \cdot 2{,}414 \cdot 8000} \right) \%$ (по объему) = 2,59 % (по объему).

4.3. Заключение

Таким образом, взрывобезопасные расстояния составляют соответственно $R_\delta > 7{,}85$ м и $Z_\delta > 3$ м.

Взрывоопасная зона с размерами $R_\delta \leqslant 7{,}85$ м и $Z_\delta \leqslant 3$ м относится к классу В-1а. Схематически взрывоопасная зона изображена на чертеже.



1 – помещение; *2* – аппарат; *3* – взрывоопасная зона

5. Определить категорию производства, в котором находится участок обработки зерна и циклон для отделения зерновой пыли в системе вентиляции

5.1. Данные для расчета

Масса зерновой пыли, скапливающейся в циклоне m_a, составляет 20000 г. Производительность циклона q по пыли составляет 100 г · мин$^{-1}$. Время τ автоматического отключения циклона не более 2 мин. Свободный объем помещения $V_{св}$ равен 10000 м^3. Остальные исходные данные: $m_x = 500$ г; $\beta_1 = 1$; $\beta_2 = 0{,}6$; $n = 14$; $K_у = 0{,}6$; $K_г = 1$; $K_{вз} = 1$; $K_п = 1$; $Q = 16700$ кДж · кг$^{-1}$; $T_0 = 300$ К; $C_р = 1{,}0$ кДж · кг$^{-1}$; $\rho_в = 1{,}29$ кг · м$^{-3}$; $P_{доп} = 25$ кПа; $P_0 = 101$ кПа; $Z = 1{,}0$.

5.2. Расчет

Масса отложившейся пыли к моменту очередной уборки составит

$$m_{о.п} = \frac{500}{1 + 1 \cdot 0{,}6}\left[14 \cdot 1 \cdot 0{,}6 + \frac{1 - (1 - 0{,}6)^{14}}{0{,}6}\right] 1\text{ г} = 3146\text{ г}.$$

Расчетная масса пыли, участвующей в образовании взрывоопасной смеси, равна

$$m_р = m_{о.п} K_{вз} + (m_а + q\,\tau)\,K_п = 23346\text{ г}.$$

Максимально возможную массу горючей пыли вычисляем по формуле

$$m_{max} = \frac{\Delta P_{доп} T_0 C_р \rho_в V_{св}}{P_0 Q Z} = 57{,}4 \text{ кг}.$$

5.3. Заключение

Величина $m_р$ не превышает m_{max}, следовательно, помещение не относится к взрывопожароопасным.

6. Рассчитать вероятность возникновения пожара от емкостного пускорегулирующего аппарата (*ПРА*) для люминесцентных ламп на $W = 40$ Вт и $U = 220$ В

6.1. Данные для расчета приведены в табл. 1.

В результате испытаний получено:

Таблица 1

Температура оболочки в наиболее нагретом месте, при работе в аномальных режимах, К

Параметр	Длительный пусковой режим	Режим с короткозамкнутым конденсатором	Длительный пусковой режим с короткозамкнутым конденсатором
$T_{ср}$	375	380	430
σ	6,80	5,16	7,38

6.2. Расчет

Расчет возникновения пожара от *ПРА* ведем по (5) рекомендуемого приложения 6.

Применительно к данному изделию, вероятность $Q\ (ГВ)$ равна 1, так как *ПРА* является составной частью изделия с наличием вокруг него горючего материала (компаунд, клеммная колодка); произведение вероятностей $Q\ (ПР) \cdot Q\ (НЗ)$ обозначим через $Q\ (a_i)$; тогда (5) рекомендуемого приложения 6 можно записать в виде

$$Q_A = Q\ (B) \left[\sum_{i=1}^{k} Q\ (a_i)\, Q\ (T_i) \right],$$

где $Q\ (A)$ – нормативная вероятность возникновения пожара при воспламенении аппарата;

k – количество пожароопасных аномальных режимов работы, характерное для конкретного исполнения *ПРА*;

$Q\ (a_i)$ – вероятность работы аппарата в i-м (пожароопасном) режиме;

$Q\ (T_i)$ – вероятность достижения поверхностью аппарата (в наиболее нагретом месте) критической (пожароопасной) температуры, которая равна температуре воспламенения (самовоспламенения) изоляционного материала,

$Q\ (B)$ – вероятность воспламенения аппарата или выброса из него пламени при температуре поверхности *ПРА* (в наиболее нагретом месте), равной или превышающей критическую.

Для оценки пожарной опасности проводим испытание на десяти образцах *ПРА*. За температуру в наиболее нагретом месте принимаем среднее арифметическое значение температур в испытаниях

$$T_{ср} = \frac{\sum_{j=1}^{10} T_j}{10}.$$

Дополнительно определяем среднее квадратическое отклонение

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^{10} (T_j - T_{ср})^2}}{9}.$$

Вероятность $Q(T_i)$ вычисляем по формуле

$$Q(T_i) = 1 - \Theta_i,$$

где Θ_i – безразмерный параметр, значение которого выбирается по табличным данным, в зависимости от безразмерного параметра α_i в распределении Стьюдента.

Вычисляем α_i по формуле

$$\alpha_i = \frac{\sqrt{10}\,(T_к - T_{ср})}{\sigma},$$

где $T_к$ – критическая температура.

Значение $T_к$ применительно для *ПРА* вычисляем по формуле

$$T_к = \frac{\sum_{j=1}^{10} (T_{дj} + T_{вj})}{20},$$

где $T_{дj}$, $T_{вj}$ – температура j-го аппарата (в наиболее нагретом месте), соответственно при появлении первого дыма и при „выходе аппарата из строя" (прекращении тока в цепи).

Значение $Q(B)$ вычисляем по (2) рекомендуемого приложения 6 при $n = 10$.

Значение критической температуры ($T_к$) составило 442,1 К, при этом из десяти испытуемых аппаратов у двух был зафиксирован выброс пламени [$m = 2$ и $Q(B) = 0{,}2$].

Результаты расчета указаны в табл. 2.

Таблица 2

Параметр	Длительный пусковой режим ($i = 1$)	Режим с короткозамкнутым конденсатором ($i = 2$)	Длительный пусковой режим с короткозамкнутым конденсатором ($i = 3$)
$Q(ai)$	0,06	0,1	0,006
α_i	30,9	37,8	4,967
Θ_i	1	1	0,99967
$Q(T_i)$	0	0	0,00033

6.3. Заключение

Таким образом, расчетная вероятность возникновения пожара от *ПРА* равна $Q_п = 1\ (0{,}06 \cdot 0 + 0{,}1 \cdot 0 + 0{,}006 \cdot 0{,}00033) \cdot 0{,}2 = 3{,}96 \cdot 10^{-7}$, что меньше $1 \cdot 10^{-6}$, т.е. *ПРА* пожаробезопасен.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8
Рекомендуемое

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ПОЖАРА

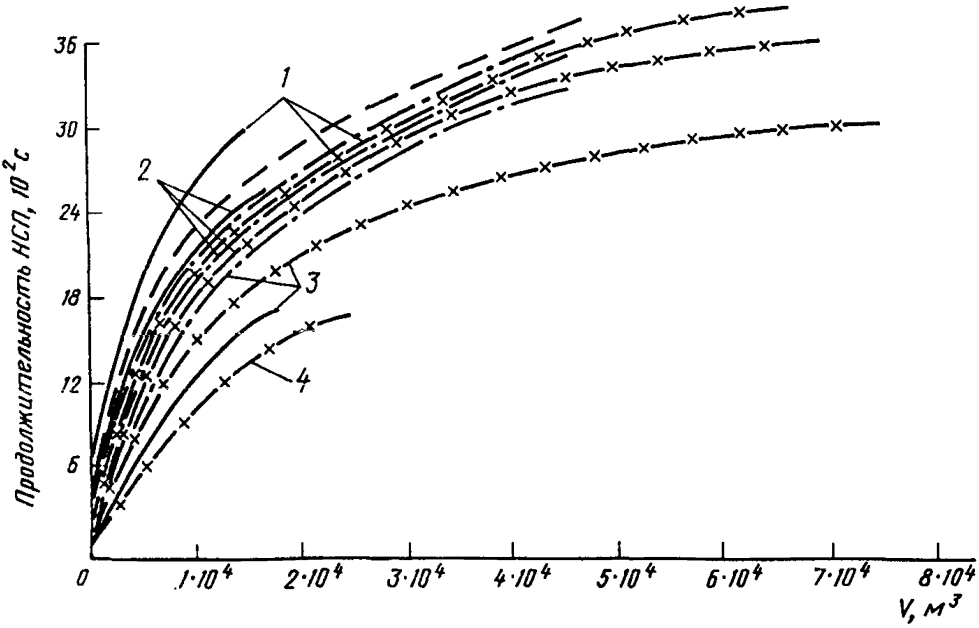
Настоящий метод предназначен для определения площади пожара, значение которой необходимо при расчете потерь от пожара на объекте.

1. Сущность метода

1.1. Расчет площади пожара проводят для горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и для твердых горючих и трудногорючих материалов.

2. Расчет площади пожара при горении жидких, твердых горючих и трудногорючих материалов

2.1. Вычисляют продолжительность начальной стадии пожара *(НСП)* $t_{нс}^{пр}$ в зависимости от объема помещения V в м^3, высоты помещения H в м и количества приведенной пожарной нагрузки g в кг · м$^{-2}$ (черт. 1,2).



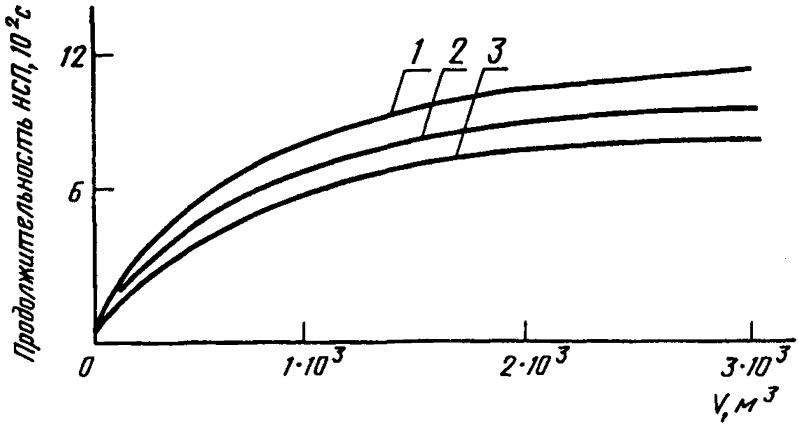
——— H = 6,6 м: *1* – g = (2,4 – 14) кг · м$^{-2}$; *2* – g = (67 – 119) кг · м$^{-2}$; *3* – g = 640 кг · м$^{-2}$

— · — H = 7,2 м: *1* – g = (60 – 66) кг · м$^{-2}$; *2* – g = (82 – 155) кг · м$^{-2}$; *3* – g = 200 кг · м$^{-2}$.

—x—x— H = 8 м: *1* – g = 60 кг · м$^{-2}$; *2* – g = (140 – 160) кг · м$^{-2}$; *3* – g = (210 – 250) кг · м$^{-2}$; *4* – g = (500 – 550) кг · м$^{-2}$.

——— H = 4,8 м: g = (68 – 70) кг · м$^{-2}$.

Черт. 1



1 – H = 3 м; *2* – H = 6 м; *3* – H = 12 м

Черт. 2

Количество приведенной пожарной нагрузки вычисляют по формуле

$$g = \sum_{i=1}^{n} g_i, \tag{1}$$

где g_i – количество приведенной пожарной нагрузки, состоящей из i-го горючего или трудногорючего материала.

Величину g_i вычисляют по формуле

$$g_i = g_{мi} \frac{Q^р_{нi}}{13{,}8}, \tag{2}$$

где $g_{мi}$ – количество горючего или трудногорючего i-го материала на единицу площади, кг · м$^{-2}$;

$Q^р_{нi}$ – теплота сгорания i-го материала, мДж · кг$^{-1}$.

2.2. Вычисляют продолжительность начальной стадии пожара по формулам: для помещений с объемом $V \leqslant 3 \cdot 10^3$ м^3

$$t_{н.с.п} = 0{,}94 \cdot 10^{-2}\, t^{пр}_{н.с.п} \left(\frac{1}{\psi_{ср}\, Q^р_{нср}\, u^2} \right)^{1/3}; \tag{3}$$

для помещений с объемом $V > 3 \cdot 10^3$ м^3

$$t_{н.с.п} = 0{,}89 \cdot 10^{-2}\, t^{пр}_{н.с.п} \left(\frac{0{,}73 + 0{,}01g}{\psi_{ср}\, Q^р_{нср}\, u^2} \right)^{1/3}, \tag{4}$$

где $t^{пр}_{н.с.п}$ – продолжительность начальной стадии пожара, с, определяют в соответствии с п. 2.1;

$\psi_{ср}$ – средняя скорость выгорания пожарной нагрузки в начальной стадии пожара, кг · м$^{-2}$ · с$^{-1}$, которую вычисляют по формуле

$$\psi_{ср} = \frac{\Sigma g_{мi}\,\psi_j}{\Sigma g_{мi}},$$

ψ_i – скорость выгорания в начальной стадии пожара i-го материала пожарной нагрузки, кг · м$^{-2}$ · с$^{-1}$;

$Q^р_{нср}$ – средняя теплота сгорания пожарной нагрузки, МДж · кг$^{-1}$, которую вычисляют по формуле

$$Q^р_{нср} = \frac{\Sigma g_{мi}\,Q^р_{нi}}{\Sigma g_{мi}}, \qquad (5)$$

u – линейная скорость распространения пламени, м · с$^{-1}$.

Допускается в качестве величины u брать максимальное значение для составляющих пожарную нагрузку материалов.

Значения величин $\psi_{ср}$, $Q^р_н$, u для основных горючих материалов приведены в табл. 1, 2.

2.3. Площадь пожара вычисляют по формуле

$$F_п = \left(\frac{t_i}{t_{н.с.п}}\right)^2 F, \qquad (6)$$

где t_i – время локализации пожара, с;

F – площадь, занимаемая пожарной нагрузкой, м^2.

Таблица 1

Объект	Скорость распространения пламени (u), 10^{-2} · м · с$^{-1}$
Административные здания	1,7 – 2,5
Больницы (здания II степени огнестойкости)	1 – 1,5
Жилые дома (здания III степени огнестойкости)	0,83 – 1,33
Волокнистые материалы (во взрыхленном состоянии)	8,3 – 13,3
Древесина (доски толщиной 2 – 4 см) в штабелях при влажности, %:	
8 – 14	5,00 – 6,67
15 – 20	3,83 – 2,67
21 –30	2,0 – 1,7
Лесопильные цехи:	
здания III степени огнестойкости	1,7 – 5,0
здания V степени огнестойкости	3,33 – 8,33
Резинотехнические изделия (штабеля на открытой площадке)	1,7 – 2,0
Склады:	
бумаги в рулонах	0,33 – 0,50
круглого леса в штабелях	1,0 – 1,7
каучука синтетического	1,0 – 1,7

Продолжение табл. 1

Объект	Скорость распространения пламени (u), $10^{-2} \cdot м \cdot с^{-1}$
льноволокна	5 – 9,17
Сгораемые покрытия больших площадей	2,83 – 5,33
Театры (сценические части)	1,67 – 5
Холодильники	0,83 – 1,33
Цехи:	
текстильного производства	0,5 – 1,33
деревообрабатывающего комбината (здания III степени огнестойкости)	1,7 – 2,67

Таблица 2

Материал	Средняя скорость выгорания ($\psi_{ср}$) $кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$	Теплота сгорания, ($Q_н^р$), $мДж \cdot кг^{-1}$
Древесина (бруски, мебель)	0,015	13,8
Волокно штапельное	0,0067	13,8
Каучуки:		
натуральный	0,0133	44,725
синтетический	0,00883	45,25
СКИ-3	0,0195	45,145
Кинопленка целлулоидная	1,2	15,05
Книги на деревянных стеллажах	0,0055	13,4
Резинотехнические изделия	0,0112	33,4
Стекло органическое	0,016	27,67
Полистирол	0,0143	38,97
Текстолит	0,0067	30,3

Если промежуток времени с возникновения пожара до начала пожаротушения равен или больше величины $t_{н.с.п}$, площадь пожара принимается равной площади, на которой расположена пожарная нагрузка.

При горении *ЛВЖ* и *ГЖ* площадь пожара принимается равной площади предполагаемого разлива. При невозможности рассчитать среднюю площадь пожара допускается принимать данные по аналогичным объектам.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9
Справочное

ПОРЯДОК СОВМЕСТНОГО ХРАНЕНИЯ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Группа	Вещества и материалы	Вещества данной группы не допускаются к совместному хранению с веществами следующих групп
I	Вещества, способные к образованию взрывчатых смесей: калий азотнокислый, натрий азотнокислый, барий азотнокислый, перхлорат калия, бертолетовая соль, кальций азотнокислый и др.	IIа, IIб, IIв, III, IVа, IVб, V, VI
II	Сжатые и сжиженные газы:	
	а) горючие и взрывоопасные газы: ацетилен, водород, блаугаз, метан, аммиак, сероводород, хлорметил, окись этилена, бутилен, бутан, пропан и др.	I, IIв, III, IVа, IVб, V, VI
	б) инертные и негорючие газы: аргон, гелий, неон, азот, углекислый газ, сернистый ангидрид и др.	III, IVа, IVб, V, VI
	в) газы, поддерживающие горение: кислород и воздух в сжатом и сжиженном состоянии	I, IIа, III, IVа, IVб, V, VI
III	Самовозгорающиеся и самовоспламеняющиеся от воды и воздуха вещества:	
	а) калий, натрий, кальций, карбид кальция, кальций фосфористый, натрий фосфористый, цинковая пыль, перекись натрия, перекись бария, алюминиевая пыль и пудра, никелевый катализатор типа Ренея и др., фосфор белый или желтый	I, IIа, IIб, IIв, IVа, IVб, V, VI
	б) триэтилалюминий, диэтилалюминий хлорид, триизобутилалюминий и др.	I, IIа, IIб, IIв, IIIа, IVа, IVб, V, VI
IV	Легковоспламеняющиеся и горючие вещества:	
	а) жидкости – бензин, бензол, сероуглерод, ацетон, скипидар, толуол, ксилол, амилацетат, легкие сырые нефти, лигроин, керосин, спирты, диэтиловый эфир, масла органические	I, IIа, IIб, IIв, III, IVб, V, VI
	б) твердые вещества – целлулоид, фосфор красный, нафталин	I, IIа, IIв, III, IVа, V, VI

Продолжение

Группа	Вещества и материалы	Вещества данной группы не допускаются к совместному хранению с веществами следующих групп
V	Вещества, способные вызывать воспламенение: бром, азотная и серная кислоты, хромовый ангидрид, калий марганцовокислый	I, IIа, IIв, III, IVа, V, VI
VI	Легкогорючие вещества: хлопок, сено, вата, джут, пенька, сера, торф, несвежеобожженный древесный уголь, сажа растительная и животная	I, IIа, IIб, IIв, III, IVа, IVб, V

Примечание. При необходимости хранения пожаро- и взрывоопасных веществ, не перечисленных в таблице, вопрос об их совместном хранении может быть решен после выявления степени их пожаровзрывоопасности и по согласованию с органами Госпожнадзора.

СОДЕРЖАНИЕ

ГОСТ 12.0.001–82 (СТ СЭВ 829–77)	Система стандартов безопасности труда. Основные положения	3
ГОСТ 12.0.002–80 (СТ СЭВ 1084–78)	Система стандартов безопасности труда. Термины и определения	9
ГОСТ 12.0.003–74 (СТ СЭВ 790–77)	Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация	16
ГОСТ 12.0.004–79	Система стандартов безопасности труда. Организация обучения работающих безопасности труда. Общие положения	20
ГОСТ 12.0.005–84	Система стандартов безопасности труда. Метрологическое обеспечение в области безопасности труда. Основные положения	32
ГОСТ 12.1.002–84	Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах	37
ГОСТ 12.1.004–85	Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования	42
ГОСТ 12.1.006–84 (СТ СЭВ 5801–86)	Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля	120
ГОСТ 12.1.007–76	Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности	127
ГОСТ 12.1.008–76	Система стандартов безопасности труда. Биологическая безопасность. Общие требования	132
ГОСТ 12.1.009–76	Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения	135
ГОСТ 12.1.010–76	Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования	140
ГОСТ 12.1.011–78 (СТ СЭВ 2775–80)	Система стандартов безопасности труда. Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний	147
ГОСТ 12.1.012–78 (СТ СЭВ 1932–79 и СТ СЭВ 2602–80)	Система стандартов безопасности труда. Вибрация. Общие требования безопасности	164
ГОСТ 12.1.013–78	Система стандартов безопасности труда. Строительство. Электробезопасность. Общие требования	191
ГОСТ 12.1.014–84	Система стандартов безопасности труда. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками	200
ГОСТ 12.1.015–79	Система стандартов безопасности труда. Рамы лесопильные двухэтажные. Нормы вибрации на рабочих местах. Метод измерения	208
ГОСТ 12.1.016–79	Система стандартов безопасности труда. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентраций вредных веществ	213
ГОСТ 12.1.018–86 (СТ СЭВ 5037–85)	Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Электростатическая искробезопасность. Общие требования	225
ГОСТ 12.1.019–79 (СТ СЭВ 4830–84)	Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты	229
ГОСТ 12.1.020–79 (СТ СЭВ 5710–86)	Система стандартов безопасности труда. Шум. Метод контроля на морских и речных судах	235

ГОСТ 12.1.024–81 (СТ СЭВ 3076–81) Система стандартов безопасности труда. Шум. Определение шумовых характеристик источников шума в заглушенной камере. Точный метод 242
ГОСТ 12.1.025–81 (СТ СЭВ 3080–81) Система стандартов безопасности труда. Шум. Определение шумовых характеристик источников шума в реверберационной камере. Точный метод 252
ГОСТ 12.1.026–80 (СТ СЭВ 1412–78) Система стандартов безопасности труда. Шум. Определение шумовых характеристик источников шума в свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью. Технический метод 268
ГОСТ 12.1.027–80 (СТ СЭВ 1414–78) Система стандартов безопасности труда. Шум. Определение шумовых характеристик источников шума в реверберационном помещении. Технический метод 278

СИСТЕМА СТАНДАРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

Редактор *Р.Г. Говердовская*
Технический редактор *В.Е. Ковалева*
Корректор *А.М. Трофимова*

Сдано в наб. 12.09.88 Подп. в печ. 13.01.89 18,0 усл. п. л. 18,13 усл. кр.-отт. 19,60 уч.-изд. л. Тир. 40000 Цена 1 руб. №156

Ордена „Знак Почета" Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3

Набрано в Издательстве стандартов на НПУ

Вильнюсская типография Издательства стандартов, ул. Даряус и Гирено, 39

gost.e-ecolog.ru