

УДК 658.345 (075.8)
ББК 65.247
Ш69

Р е ц е н з е н т – канд. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Энергоэффективные технологии на транспорте» **В. М. Овчинников** (УО «БелГУТ»)

Шатило, С. Н.

Ш69 Исследование и оценка пожарной опасности производственных объектов : учеб.-метод. пособие по выполнению лабораторной работы / С. Н. Шатило, С. В. Дорошко, В. В. Карпенко ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 48 с.
ISBN 978-985-554-299-6

Приведены краткие сведения из теории горения, основные показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов, опасные показатели горючей среды, оценка пожарной опасности различных веществ и материалов, методы определения температуры вспышки и воспламенения горючих газов, методика определения категорий по взрывопожарной и пожарной опасности производственных объектов.

Предназначено для выполнения лабораторной работы по курсу «Охрана труда» и самостоятельного изучения дисциплины студентами всех специальностей.

УДК 658.345 (075.8)
ББК 65.247

ISBN 978-985-554-299-6

© Шатило С. Н., Дорошко С. В., Карпенко В. В., 2014
© Оформление. УО «БелГУТ», 2014

1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Общие сведения

Большинство технологических процессов на транспортных объектах связаны с использованием и обращением легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, горючих газов, выделением пылей, способных в определенных условиях образовывать пожаро- и взрывоопасные смеси. Поэтому при проектировании и эксплуатации таких объектов должны быть обеспечены условия, исключающие пожары и взрывы. При этом первостепенное значение имеет правильное определение категории производственных объектов по взрывопожарной и пожарной опасности, так как на этой основе могут быть разработаны эффективные противопожарные мероприятия с учетом характера и специфики организации производства. При проектировании новых и реконструкции существующих производственных объектов разрабатываются соответствующие инженерные решения по обеспечению пожарной безопасности не только применяемых технологических процессов, но и различного производственного оборудования, инженерных коммуникаций, систем электропитания, вентиляции и кондиционирования воздуха. Такие решения могут быть приняты только на основе правильного категорирования объектов.

Цель пособия – ознакомить студентов с основными показателями пожаровзрывоопасности различных веществ и материалов, с определением температуры вспышки и воспламенения горючих жидкостей, с методикой определения категорий производств и объектов по взрывопожарной и пожарной опасности.

В учебно-методическом пособии применяются следующие термины с соответствующими определениями.

Взрыв – быстрое неконтролируемое горение газо-, паро-, пылевоздушных смесей с образованием сжатых газов. Взрыв сопровождается быстрым выделением большого количества энергии.

Взрывоопасная смесь – смесь воздуха или окислителя с горючими газами, парами легковоспламеняющихся жидкостей, горючими пылями или волокнами, которая при определенной концентрации и возникновении источника инициирования взрыва способна взорваться.

Горение – сложное, быстро протекающее химическое превращение, сопровождающееся выделением значительного количества тепла, ярким свечением и выделением дыма.

Горючесть – это способность веществ и материалов к горению. В соответствии с требованиями СТБ 11.0.02–95 для установления степени пожарной опасности различных веществ и материалов определяется группа горючести – классификационная характеристика способности веществ и материалов к горению.

Индекс распространения пламени – условный безразмерный показатель, характеризующий способность веществ распространять пламя по поверхности.

Категория пожарной (взрывопожарной) опасности объекта – классификационная характеристика пожарной (взрывопожарной) опасности здания (или частей здания между противопожарными стенами – пожарных отсеков), сооружения, строения, помещения, наружной установки.

Максимальное давление взрыва – наибольшее давление взрыва, возникающее при дефлаграционном взрыве газо-, паро- или пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде при начальном давлении смеси 101,3 кПа.

Минимальное взрывоопасное содержание кислорода – такая его концентрация в горючей смеси, ниже которой воспламенение и горение смеси становятся невозможными при любой концентрации горючего вещества в ней.

Минимальная энергия зажигания – наименьшее значение энергии электрического разряда, способной воспламенить наиболее легковоспламеняющуюся смесь газа, пара или пыли с воздухом.

Нижний (верхний) концентрационный предел распространения пламени (воспламенения) – минимальное (максимальное) содержание горючего в смеси, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания.

Нормальная скорость распространения пламени – скорость перемещения фронта пламени относительно несгоревшего газа в направлении, перпендикулярном к его поверхности.

Пожарная нагрузка помещения (здания, сооружения) – вещества, материалы, оборудование и конструкции, имеющиеся в данном помещении (здании, сооружении), которые при пожаре могут гореть.

Показатель токсичности продуктов горения – отношение количества материала к единице объема замкнутого пространства, при сгорании которого выделяющиеся продукты вызывают гибель 50 % подопытных животных.

Расчетная пожарная нагрузка – расчетный показатель, характеризующий количество теплоты, выделяющейся с единицы площади при пожаре.

Скорость выгорания – количество горючего, сгорающего в единицу времени с единицы площади.

Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами – качественный показатель, характеризующий особую пожарную опасность некоторых веществ.

Температура тления – температура вещества, при которой происходит

резкое увеличение скорости экзотермических реакций окисления, заканчивающихся возникновением тления.

Температура вспышки – самая низкая температура горючего вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхивать в воздухе от внешнего источника зажигания, но скорость их образования еще не достаточна для устойчивого горения.

Температура воспламенения – наименьшая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары или газы с такой скоростью, что после их зажигания возникает устойчивое пламенное горение.

Температура самовоспламенения – самая низкая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающихся пламенным горением.

Температурные пределы распространения пламени (воспламенения) – такие температуры веществ, при которых его насыщенные пары образуют в конкретной окислительной среде концентрации, равные соответственно нижнему и верхнему концентрационным пределам распространения пламени.

Условия теплового самовозгорания – экспериментально выявленная зависимость между температурой окружающей среды, массой вещества и временем до момента его самовозгорания.

1.2 Требования безопасности при выполнении лабораторной работы

К выполнению лабораторной работы допускаются лица, прошедшие инструктаж по охране труда при работе на лабораторной установке и ознакомленные с данным методическим пособием.

Выполнение работы одним студентом в лаборатории не допускается.

Приступать к выполнению лабораторной работы необходимо только после ознакомления с порядком работы с приборами.

1.3 Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов

Общая оценка пожарной опасности веществ и материалов приведена в ГОСТ 12.1.044 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения», который устанавливает необходимые и достаточные характеристики пожаровзрывоопасности веществ и материалов. Такие характеристики являются показателями пожаровзрывоопасности применяемых веществ и материалов.

В соответствии с приведенным стандартом при оценке пожаровзрывоопасности все вещества разделены по агрегатному состоянию на газы, жидкости и твердые. В связи со спецификой поведения при горении твердых веществ в тонкоизмельченном состоянии они выделены в самостоятельную группу – группу пылей.

Основные показатели пожаровзрывоопасности горючих веществ и материалов учитываются при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, при создании новых технологических процессов, производственного оборудования, при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов железнодорожного транспорта. Перечень основных показателей, которые характеризуют пожаровзрывоопасность веществ, приведен в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Основные показатели пожаровзрывоопасности

Показатель	Применяемость показателей пожаровзрывоопасности			
	газов	жидкостей	твердых веществ	пылей
Группа горючести	+*	+*	+*	+*
Температура вспышки	–	+*	+	–
Температура воспламенения	–	+	+	+
Температура самовоспламенения	+*	+*	+*	+*
Нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени	+	+*	–	+*
Температурные пределы распространения пламени (воспламенения)	+	+	–	–
Температура самонагревания	–	–	+	+
Температура тления	–	–	+	+
Условия теплового самовозгорания	–	–	+	+
Минимальная энергия зажигания	+	+	–	+
Кислородный индекс	–	–	+	–
Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами	+*	+*	+*	+*
Нормальная скорость распространения пламени	+	+	–	–
Скорость выгорания	–	+	–	–
Коэффициент дымообразования	–	–	+	–
Индекс распространения пламени	–	–	+	–
Показатель токсичности продуктогорения полимерных материалов	–	–	+	–

Продолжение таблицы 1

Показатель	Применяемость показателей пожаровзрывоопасности			
	газов	жидкостей	твердых веществ	пылей
Минимальное взрывоопасное состояние кислорода	+	+	–	+
Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора	+	+	–	+
Максимальное давление взрыва	+	+	–	+
Скорость нарастания давления при взрыве	+	+	–	+
* Показатели, которые включаются в стандарты и технические условия. Условное обозначение: «+» указывает на то, что данный показатель применяется для оценки пожаровзрывоопасности, а обозначение «–» означает не применяемость показателя.				

Основным условием для осуществления процесса горения является наличие вещества, способного к горению (горючего) и окислителя.

При пожарах могут гореть твердые, жидкие и газообразные вещества, которые широко используются в производстве и быту.

Горючая среда представляет собой совокупность веществ, материалов, оборудования и конструкций, способных гореть. Наличие горючей среды (ее количество и пожароопасные свойства) – основной показатель пожароопасности здания, сооружения, оборудования, объекта в целом.

Горючая среда в реальных производственных условиях может включать:

- горючие элементы несущих, ограждающих и других конструктивных элементов;
- горючую отделку (наружную и внутреннюю) объекта;
- горючие элементы технологического оборудования, сырье и готовую продукцию, топливо и смазочные материалы;
- мебель, товарно-материальные ценности и т. д.;
- вспомогательные коммуникации и инженерное оборудование (воздуховоды, транспортеры, электрооборудование, подающие и питающие линии и т. д.).

К **газам** относятся вещества, давление насыщенного пара которых при температуре +50 °С составляет не менее 0,3 МПа. Газы, имеющие концентрационные пределы воспламенения в воздухе, относятся к горючим, при отсутствии концентрационных пределов воспламенения и наличии температуры самовоспламенения – к трудногорючим, при отсутствии концентрационных пределов воспламенения и температуры самовоспламенения – к негорючим.

К **жидкостям** относятся вещества с температурой плавления (каплепадения) не более +50 °С. В зависимости от температуры вспышки жидкости подразделяются на легковоспламеняющиеся (ЛВЖ) и горючие (ГЖ).

Легковоспламеняющимися считаются жидкости с температурой вспышки не более +61 °С в закрытом тигле или +66 °С в открытом тигле. ЛВЖ в зависимости от степени пожарной опасности делятся на три разряда:

I – особо опасные ЛВЖ с температурой вспышки от –18 °С и ниже в закрытом тигле или от –13 °С и ниже в открытом;

II – постоянно опасные ЛВЖ с температурой вспышки от –18 °С до +23 °С в закрытом тигле или выше от –13 °С до +27 °С в открытом;

III – опасные при повышенной температуре воздуха ЛВЖ с температурой вспышки от +23 °С до +61 °С в закрытом тигле или от +27 °С до +66 °С в открытом.

Горючими являются жидкости, имеющие температуру вспышки паров более +61 °С в закрытом тигле и более +66 °С в открытом.

Горючие (сгораемые) вещества и материалы способны самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

К твердым относятся вещества с температурой плавления (каплепадения), превышающей +50 °С. Твердые вещества при нагревании претерпевают различные изменения, характер которых зависит от химического состава и структуры молекул. Одни из них при нагревании изменяют свое агрегатное состояние, т.е. плавятся и испаряются, не изменяя химического состава, другие же разлагаются, образуя более устойчивые при данной температуре молекулы. Горение первой группы твердых веществ протекает так же, как горение жидкости. Горение же веществ второй группы протекает в двух фазах: образование и пламенное горение газообразных продуктов разложения; беспламенное горение углеродного остатка.

По способности к горению (горючести) пожароопасные вещества подразделяются на *негорючие* (несгораемые), *трудногорючие* (трудносгораемые), *горючие* (сгораемые).

Негорючие (несгораемые) вещества и материалы неспособны к горению в воздухе. Критерием отнесения вещества к группе негорючих (несгораемых) является его неспособность гореть в воздухе при температуре среды +900 °С. Необходимо учитывать, что многие негорючие вещества разлагаются при значительно более низкой температуре, а также то, что они в определенных условиях могут представлять определенную пожарную опасность.

Наиболее распространенными классами пожароопасных негорючих веществ являются:

- окислители;
- вещества, выделяющие горючие продукты при взаимодействии с водой или друг с другом;
- вещества, реагирующие с водой или друг с другом со взрывом или с выделением значительного количества тепла;

– вещества, способные при нагревании в закрытых сосудах развивать высокое давление.

Трудногорючие (трудногораемые) вещества и материалы способны возгораться в воздухе от источника зажигания, но не способны самостоятельно гореть после его удаления. Трудногорючие вещества по пожарной опасности подразделяются:

– на вещества, горение которых возможно только при нагреве до температур, близких к температуре их самовоспламенения;

– вещества, имеющие определенную область зажигания при температурах, до которых возможен их нагрев в пространстве при нормальной работе или аварии, а также имеющие температуру вспышки в закрытом тигле (например, дихлорметан);

– вещества, выделяющие пары или газы, которые обладают определенной областью воспламенения в воздухе (например, слабые водные растворы спиртов, аммиачная вода, трихлорэтилен).

1.4 Оценка пожарной опасности различных веществ и материалов

При пожарах горят различные вещества и материалы, имеющие различную степень пожарной опасности. Пожарная опасность веществ и материалов определяется совокупностью свойств, характеризующих их способность к возникновению и распространению горения, образованию опасных факторов пожара.

Характерным свойством *целлюлозных материалов* является их способность при нагревании разлагаться с образованием паров, газов и углеродного остатка. Разложение целлюлозных материалов сопровождается выделением тепла, поэтому при малой скорости теплоотвода возможно самонагревание их и возникновение горения. Самый высокий тепловой эффект разложения (1,083 МДж/кг) – у древесины.

Полимерные материалы отличаются высоким содержанием углерода (55–88 %); большинство из них не содержат кислорода или содержат его в небольшом количестве (14–37 %). Поэтому для их горения необходим значительный объем воздуха (10–12 м³/кг). Горение полимерных материалов обычно происходит с образованием продуктов неполного сгорания.

Неорганические твердые горючие вещества – металлы, металлоиды и их соединения при нагревании почти все плавятся, образуют над поверхностью слой паров и горят аналогично жидкостям.

Процесс горения *жидкостей* начинается с воспламенения паровоздушной смеси. При обычных условиях не все жидкости имеют над своей поверхностью достаточную концентрацию паров и такую скорость их образования, чтобы после воспламенения возник процесс устойчивого горения. Стационарный процесс горения устанавливается только при определенной температуре жидкости. Но и при более низких температурах жидкости мо-

гут представлять пожарную опасность, так как над поверхностью их может создаваться взрывоопасная концентрация паров.

Горение жидкости характеризуется двумя взаимосвязанными явлениями: испарением паров и сгоранием паровоздушной смеси над поверхностью жидкости. При этом испарению принадлежит исключительно важная роль, поскольку оно определяет скорость сгорания жидкости. *Испарение* – это переход жидкости в пар со свободной поверхности при температурах ниже точки кипения жидкости. Оно происходит в результате теплового движения молекул жидкости и является эндотермическим процессом.

Температура жидкости, при которой над поверхностью создается концентрация насыщенного пара, равная нижнему концентрационному пределу воспламенения, является нижним температурным пределом воспламенения (НТПВ), который иначе называют температурой вспышки.

Температура жидкости, при которой над поверхностью создается концентрация насыщенного пара, равная верхнему концентрационному пределу воспламенения, считается верхним температурным пределом воспламенения (ВТПВ). Температурные пределы воспламенения определяют по стандартным методикам, сущность которых заключается в определении минимальной и максимальной температур жидкости, при которых образуются концентрации насыщенных паров, равные нижнему и верхнему концентрационным пределам.

В некоторых случаях на производственных объектах повышенную пожаровзрывоопасность представляют **пыли**. В производственных условиях пыль может находиться в состоянии аэрозвеси (аэрозоля) и аэрогеля. На пожарную опасность пылей существенно влияют их дисперсность, химическая активность, адсорбционная способность, склонность к электризации. Воспламенение пыли и распространение горения по всей аэрозвеси возможны только при определенных соотношениях горючей пыли и воздуха и при наличии источника зажигания. Минимальная концентрация (г/м^3), при которой пыль способна воспламеняться, называется нижним концентрационным пределом распространения пламени. Верхние концентрационные пределы распространения пламени аэрозвесей вообще не нормируются, так как они настолько велики, что в большинстве случаев практически недостижимы. Нижние концентрационные пределы распространения пламени непостоянны и зависят от мощности источника зажигания, зольности, дисперсности, начальной температуры и других факторов.

Пожарную опасность пылей определяют, учитывая нижний концентрационный предел распространения пламени аэрозвеси и температуру самовоспламенения аэрогеля. Классификация пылей по степени пожарной опасности представлена на рисунке 1.

Самовозгорающиеся вещества и материалы представляют повышенную опасность на производстве, так как требуют постоянного контроля, создания определенных условий для их хранения, переработки и транспортиро-

вания. К самовозгорающимся веществам и материалам относятся некоторые материалы растительного происхождения (свежескошенное сено, солома, клевер, листья, слежавшиеся древесные опилки), которые способны самонагреваться в результате деятельности бактерий; каменные и бурые угли, находящиеся в штабелях, поглощают атмосферный кислород, могут при этом окисляться и самонагреваться до температуры самовоспламенения; волокнистые и другие материалы (пакля, ветошь, опилки, хлопок и др.), пропитанные маслами растительного происхождения, могут окисляться под воздействием атмосферного кислорода; химические вещества и смеси (белый фосфор, цинковая пыль, алюминиевая пудра и др.) способны самовозгораться от воздействия на них атмосферного воздуха.



Рисунок 1 – Классификация пылей по степени пожарной опасности

С учетом характеристик веществ и материалов, склонных к самовозгоранию, разработана их классификация, учитывающая особенности их самонагревания. Классификация учитывается при оценке пожаровзрывоопасности технологических процессов и производственных объектов, т. е. при категорировании производственных помещений, зданий и наружных установок.

Самовозгорающиеся вещества и материалы подразделяются на три группы:

- к первой группе относятся вещества и материалы, способные самовозгораться при взаимодействии с водой: карбид кальция и карбиды щелочных металлов, негашеная известь, металлические калий и натрий;

- ко второй – способные самовозгораться при воздействии на них кислорода воздуха: некоторые продукты растительного и животного происхождения;

дения, бурые и каменные угли, торф, промасленная ветошь, слежавшиеся древесные опилки и др.;

– к третьей – самовозгорающиеся при взаимодействии друг с другом. В эту группу входят различные газообразные, жидкие и твердые окислители (например хлор, бром, фтор, йод), которые взаимодействуют с многими веществами с выделением значительного количества тепла. Некоторые газы при взаимодействии с хлором самовозгораются, а кислород при взаимодействии с маслами взрывается.

Многие горючие вещества и материалы, особенно самовозгорающиеся, не подлежат совместному хранению, транспортировке и переработке, что необходимо учитывать при разработке технологических процессов и организации работ с применением таких веществ и материалов.

1.5 Методы расчета температуры вспышки и воспламенения горючих жидкостей

Температуру вспышки (воспламенения) определяют экспериментальным и расчетным путем.

Экспериментально температуру вспышки определяют в приборах закрытого и открытого типа, температуру воспламенения в приборах открытого типа.

Для определения температуры вспышки (воспламенения) заданную массу жидкости (вещества) нагревают с заданной скоростью, периодически зажигая выделяющиеся пары и визуальное оценивая результаты зажигания.

Расчет температуры вспышки горючих жидкостей

1 Ориентировочно расчет температуры вспышки производится по правилу Орманда и Гровена:

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{кип}} \cdot m, \quad (1)$$

где $t_{\text{всп}}$ – температура вспышки, К;

$t_{\text{кип}}$ – температура кипения, К;

m – коэффициент, равный 0,736.

Пример. Рассчитать температуру вспышки керосина. Температура дизельного топлива составляет 280 °С.

$$t_{\text{кип}} = 273 + 280 = 553 \text{ К.}$$

$$t_{\text{всп}} = 553 \cdot 0,736 = 407 \text{ К, или } t_{\text{всп}} = 407 - 273 = 134 \text{ °С.}$$

Температура кипения некоторых жидкостей, которые используются в лабораторной работе для определения температуры вспышки, приведена в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Температура кипения жидкостей

Наименование жидкости	Температура кипения, °С
Дизельное топливо	280
Керосин	150–300
Масла:	
– трансформаторное	385–450
– веретенное	380–480
– автомобильное	390–460
– промышленное	350–390
Бензин	163
Ацетон	56
Тормозная жидкость «ДОТ 4»	260

2 Температуру вспышки жидкостей в закрытом тигле вычисляют по формуле

$$t_{\text{всп}} = a_0 + a_1 t_{\text{кип}} + \sum_{i=2}^n a_j l_j, \quad (2)$$

где a_0 – размерный коэффициент, равный минус 73,14 °С;

a_1 – безразмерный коэффициент, равный 0,659;

$t_{\text{кип}}$ – температура кипения исследуемой жидкости, °С;

a_j – эмпирические коэффициенты (приведены в таблице 3);

l_j – количество связей вида j в молекуле исследуемой жидкости.

Средняя квадратическая погрешность расчета по формуле (2) составляет 10 °С.

Т а б л и ц а 3 – Значения эмпирических коэффициентов

Вид связи	a_j , °С	Вид связи	a_j , °С
C – C	–2,03	C – Cl	15,11
C ≡ C	–0,28	C – Br	19,40
C = C	1,72	C – Si	–4,84
C – H	1,105	Si – H	11,00
C – O	2,47	Si – Cl	10,07
C = O	11,60	N – H	5,83
C – N	14,15	O – H	23,90
C ≡ N	12,13	S – H	5,64
C – S	2,09	P – O	3,27
C = S	–11,91	P = O	9,64

Наиболее точно температуру вспышки в закрытом тигле можно определить по формуле, учитывающей линейную зависимость $t_{\text{всп}}$ от $t_{\text{кип}}$ в пределах отдельных классов химических соединений

$$t_{\text{всп}} = a + bt_{\text{кип}}, \quad (3)$$

где a , b – эмпирические коэффициенты, приведенные в таблице 4 вместе со средними квадратическими погрешностями расчета δ .

Т а б л и ц а 4 – Значения эмпирических коэффициентов и средних квадратических погрешностей

Класс вещества	Коэффициенты		δ , °С
	a , °С	b	
Алканы	-73,22	0,693	1,5
Спирты	-41,69	0,652	1,4
Алкиланилины	-21,94	0,533	2,0
Карбоновые кислоты	-43,57	0,708	2,2
Алкилфенолы	-38,42	0,623	1,4
Ароматические углеводороды	-67,83	0,665	3,0
Альдегиды	-74,76	0,813	1,5
Бромалканы	-49,56	0,665	2,2
Кетоны	-52,69	0,643	1,9
Хлоралканы	-55,70	0,631	1,7

Если для исследуемой жидкости известна зависимость давления насыщенного пара от температуры, то температуру вспышки в закрытом тигле вычисляют по формуле

$$t_{\text{всп}} = \frac{A_B}{p_{\text{всп}} D_0 \beta} - 273, \quad (4)$$

где A_B – константа, равная $280 \text{ кПа} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{К}$;

$p_{\text{всп}}$ – парциальное давление пара исследуемой жидкости при температуре вспышки, кПа;

D_0 – коэффициент диффузии пара в воздухе, $\text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$;

β – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения, определяемый по формуле

$$\beta = m_C + m_S + 0,25(m_H - m_X) - 0,5m_O + 2,5m_P, \quad (5)$$

где m_C , m_S , m_H , m_X , m_O , m_P – число атомов соответственно углерода, серы, водорода, галоида, кислорода и фосфора в молекуле жидкости.

Средняя квадратическая погрешность расчета по формуле (4) составляет от 10 до 13 °С.

3 Температуру вспышки в открытом тигле вычисляют по формуле (2), используя величины эмпирических коэффициентов из таблицы 5.

Коэффициенты a_0 и a_1 при расчете температуры вспышки в открытом тигле равны соответственно минус 73 °С и 0,409. Средняя квадратическая погрешность расчета составляет 10 °С.

Т а б л и ц а 5 – Значения эмпирических коэффициентов

Вид связи	$a_j, ^\circ\text{C}$	Вид связи	$a_j, ^\circ\text{C}$
C – C	3,63	Si – H	–4,58
C ≡ C	6,482	Si – Cl ₃	50,49
C = C	–4,18	O – H	44,29
C – H	0,35	S – H	10,75
C – O	4,62	P – O	22,23
C = O	25,36	P = O	–9,86
C – N	–7,03	N – H	18,15

Если для исследуемой жидкости известна зависимость давления насыщенного пара от температуры, то температуру вспышки в открытом тигле вычисляют по формуле (4), где $A_B = 427 \text{ кПа} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{К}$. Средняя квадратическая погрешность расчета составляет 13 °С.

Расчет температуры воспламенения горючих жидкостей

1 Температуру воспламенения ($t_{\text{восп}}$) индивидуальных жидкостей в °С вычисляют по формуле (2) (где a_0 – размерный коэффициент, равный минус 47,78 °С; a_1 – безразмерный коэффициент, равный 0,882; a_j – эмпирические коэффициенты, приведенные в таблице 6).

Т а б л и ц а 6 – Значения эмпирических коэффициентов

Вид связи	$a_j, ^\circ\text{C}$	Вид связи	$a_j, ^\circ\text{C}$
C – C	0,027	C = O	–0,826
C ≡ C	–2,069	C – N	–5,876
C = C	–8,980	O – H	8,216
C – H	–2,118	N – H	–0,261

Средняя квадратическая погрешность расчета составляет 5 °С.

Если известна зависимость давления насыщенных паров от температуры, то температуру воспламенения индивидуальных жидкостей, состоящих из атомов С, Н, О, N, вычисляют по формуле

$$t_{\text{восп}} = \frac{A_B}{p_{\text{восп}} D_0 \beta} - 273, \quad (6)$$

где A_B – константа, равная 453 кПа·см²·см^{–1}·К (для фосфорорганических веществ $A_B = 1333 \text{ кПа} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{К}$);

$p_{\text{восп}}$ – парциальное давление пара исследуемой жидкости при температуре воспламенения, кПа;

β – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения, вычисляемый по формуле (5).

Средняя квадратическая погрешность расчета составляет 6 °С.

Температуру воспламенения алифатических спиртов и сложных эфиров вычисляют по формуле

$$t_{\text{восп}} = \frac{t_{\text{кип}} + 273}{1 + K(t_{\text{кип}} + 273)} - 273, \quad (7)$$

где K – эмпирический коэффициент, равный $6 \cdot 10^{-4}$ для спиртов и $7 \cdot 10^{-4}$ для сложных эфиров.

Средняя квадратическая погрешность расчета составляет 2 °С для спиртов и 4 °С – для сложных эфиров.

2 ОЦЕНКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВ И ОБЪЕКТОВ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

2.1 Категорирование производств и объектов по взрывопожарной и пожарной опасности

В настоящее время значительно возрастает потенциальная опасность взрывов и возникновения пожаров, наносящих значительный материальный ущерб и приводящих к травмам, гибели людей, а так же к разрушениям производственных объектов. Поэтому уже на стадии проектирования производственных объектов должны быть приняты соответствующие меры по предупреждению взрывов и пожаров, как при нормальном их функционировании, так и в аварийных ситуациях.

Для разработки противопожарных мероприятий при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов необходимо оценить степень их взрыво-, пожароопасности. При этом устанавливается соответствующая классификация производственных помещений, зданий и наружных установок, которая и определяет степень взрывопожарной и пожарной опасности, на основании которой можно определить конкретные организационно-технические решения, позволяющие в пределах допустимого риска эксплуатировать производственные объекты.

При определении взрывопожароопасных и пожароопасных категорий для взрывоопасных смесей принимается избыточное давление взрыва, составляющая 5 кПа, которое является в данном случае условной границей, разделяющей взрывоопасные и пожароопасные категории. Для пожароопасных категорий критерием пожарной опасности является энергетический параметр, определяющий удельную пожарную нагрузку в МДж/м².

Пожаро- и взрывоопасность производств, зданий и сооружений, в которых размещаются производства, определяется с учетом пожароопасных свойств и количества обращающихся веществ и материалов. Классификация производств и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности осуществляется в соответствии с требованиями ТКП 474–2013 «Категорирование

ние помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности», приведена в таблице 7.

Процесс категорирования включает соответствующие расчеты, которые позволяют определить количественные показатели и охватывают два этапа:

– первый – сбор необходимых данных для расчетов (характеристика и размеры помещений и зданий, схемы расположения оборудования, технологический регламент, схемы и параметры работы вентиляционных систем, автоматического контроля параметров производства и систем пожаротушения);

– второй – непосредственно расчет категоричности по утвержденным методикам в соответствии с требованиями ТКП 474–2013.

Т а б л и ц а 7 – Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А (взрывопожароопасная)	Горючие газы (далее – ГГ), легковоспламеняющиеся жидкости (далее – ЛВЖ) с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б (взрывопожароопасная)	Горючие пыли или волокна, ЛВЖ с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости (далее – ГЖ) в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пыле- или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1-В4 (пожароопасные)	ГГ, ЛВЖ, ГЖ и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом взрываться и гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г1	ГГ, ЛВЖ, ГЖ, твердые горючие вещества и материалы, которые сжигаются или утилизируются в процессе контролируемого горения в качестве топлива
Г2	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии, горючие и трудногорючие вещества и материалы в таком количестве, что удельная пожарная нагрузка на участке их размещения в помещении не превышает 100 МДж/м ² , а пожарная нагрузка в пределах помещения – 1000 МДж

При определении категорий необходимо последовательно проверять соответствие помещения той или иной категории от высшей (А) к низшей (Д).

Категории В1–В4 определяются по величине пожарной нагрузки в помещении. Под пожарной нагрузкой понимается совокупность веществ, материалов, оборудования и конструкций, имеющих на данном объекте, которые при пожаре могут гореть. Часть пожарной нагрузки, находящаяся в строительных конструкциях, является постоянной пожарной нагрузкой, а та, которая изменяется в процессе эксплуатации помещения, здания, сооружения, является переменной. Основным показателем, характеризующим пожарную нагрузку, является расчетный показатель, который определяет количество теплоты, выделяющейся с единицы площади при пожаре.

При категорировании производственных объектов допускается относить к категории В4 помещения, в которых находятся:

- горючие и трудногорючие жидкости с температурой вспышки +120 °С и выше в системах смазки, охлаждения и гидропривода оборудования массой менее 60 кг на единицу оборудования при давлении в системе менее 0,2 МПа;
- трудногорючие вещества и материалы, строительные материалы группы горючести Г1 в качестве временной пожарной нагрузки;
- электрические кабели для запитки технологического и инженерного оборудования, приборов освещения (за исключением маслonaполненных);
- ГГ (при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категории А и отсутствует иная пожарная нагрузка);
- негорючие грузы в горючей упаковке (для складских помещений).

Можно относить к категории Д помещения, в которых находятся предметы мебели на рабочих местах, а также помещения с мокрыми процессами (холодильники и холодильные камеры с негорючим хладагентом, помещения мойки и подобные им помещения), при этом температура в холодильниках и холодильных камерах не должно превышать 0 °С.

2.2 Определение взрывопожароопасных категорий помещений

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

- свойства веществ должны соответствовать требованиям согласно таблице 7;
- масса веществ, участвующих в аварийной ситуации, должна быть достаточной для создания избыточного давления взрыва свыше 5 кПа.

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

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \rho_{\text{г.п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{k_{\text{н}}}, \quad (8)$$

где P_{\max} – максимальное давление взрыва стехиометрической газо- или паровоздушной смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным. При отсутствии данных допускается принимать P_{\max} равным 900 кПа;

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

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

Z – коэффициент участия горючего во взрыве;

$V_{\text{св}}$ – свободный объем помещения, м³;

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

$$\rho_{\text{г.п}} = \frac{M}{V_0(1 + 0,00367t_{\text{р}})}, \quad (9)$$

где M – молярная масса, кг·кмоль⁻¹;

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

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

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

$$\tilde{N}_{\text{н0}} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (10)$$

где $\beta = n_{\text{с}} + \frac{n_{\text{н}} - n_{\text{х}}}{4} - \frac{n_{\text{о}}}{2}$ – стехиометрический коэффициент кислорода;

$n_{\text{с}}$, $n_{\text{н}}$, $n_{\text{о}}$, $n_{\text{х}}$ – число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего вещества;

$k_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать $k_{\text{н}}$ равным 3.

Для других индивидуальных веществ, а также для смесей расчет ΔP может быть выполнен по формуле

$$\Delta P = \frac{mH_{\text{г}}P_0Z}{V_{\text{св}}\rho_{\text{в}}C_{\text{п}}T_0} \cdot \frac{1}{k_{\text{н}}}, \quad (11)$$

где H_T – теплота сгорания, Дж·кг⁻¹;

ρ_v – плотность воздуха до взрыва при начальной температуре T_0 , кг·м⁻³;

C_p – теплоемкость воздуха, Дж·кг⁻¹·К⁻¹ (допускается принимать равной 1,01·10³ Дж·кг⁻¹·К⁻¹);

T_0 – начальная температура воздуха, К.

При отсутствии справочных данных на вещества и материалы теплоту сгорания H_T , кДж·кг⁻¹ можно определить по формулам:

– для смесей ГГ и паров ЛВЖ:

$$H_T = 0,01 \sum_{i=1}^n H_{Ti} \varphi_i, \quad (12)$$

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

φ_i – процентное содержание i -го вещества, %;

– для смесей ГЖ и нефтепродуктов:

$$H_T = 50460 - 8,546 \rho_{ж}, \quad (13)$$

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

Расчетное избыточное давление взрыва ΔP для веществ и материалов, способных взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, определяется по формуле (11), полагая $Z = 1$ и принимая в качестве величины H_T энергию, выделяющуюся при взаимодействии (с учетом сгорания продуктов взаимодействия до конечных соединений), или экспериментально в натуральных испытаниях. В случае, когда определить величину ΔP не представляется возможным, следует принимать ее превышающей 5 кПа.

Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей ΔP проводится по формуле (11), где коэффициент участия взвешенной пыли во взрыве Z рассчитывается по формуле

$$Z = 0,5F, \quad (14)$$

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

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

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

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2, \quad (15)$$

где ΔP_1 – давление взрыва, вычисленное для ГГ (пара) по формулам (8), (11);

ΔP_2 – давление взрыва, вычисленное для горючей пыли по формуле (11) с учетом формулы (14).

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

$$m = (V_a + V_T)\rho_r, \quad (16)$$

где V_a – объем газа, вышедшего из аппарата, м^3 ;

V_T – объем газа, вышедшего из трубопроводов, м^3 .

ρ_r – плотность газа при расчетной температуре t_p , $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$,

При этом

$$V_a = 0,01P_1V, \quad (17)$$

где P_1 – давление в аппарате, кПа;

V – объем аппарата, м^3 .

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (18)$$

где V_{1T} – объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м^3 ;

V_{2T} – объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м^3 .

$$V_{1T} = qT, \quad (19)$$

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

T – время, определяемое по пункту А.1.2 [11], с.

$$V_{2T} = 0,01 \pi P_2 (r^2_1 L_1 + r^2_2 L_2 + \dots + r^2_n L_n), \quad (20)$$

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

r – внутренний радиус трубопроводов, м;

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

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

$$m = m_p + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр}}, \quad (21)$$

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

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

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

При этом каждое из слагаемых в формуле (21) определяется по формуле

$$m = WF_{\text{и}}T, \quad (22)$$

где W – интенсивность испарения, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$;

$F_{\text{и}}$ – площадь испарения, м^2 , определяемая в соответствии с А.2.2 [11] в зависимости от массы жидкости $m_{\text{п}}$, вышедшей в помещение.

T – время испарения, определяемое по пункту А.2.4 [11], с.

Интенсивность испарения W определяется по справочным и экспериментальным данным. При отсутствии данных для ненагретых ЛВЖ допускается рассчитывать W по формуле

$$W = 10^{-6} \eta \sqrt{I} P_n, \quad (23)$$

где η – коэффициент, принимаемый по таблице 8 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;

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

P_n – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости t_p , определяемое по справочным данным.

Т а б л и ц а 8 – Значение коэффициента η при различной скорости воздушного потока в помещении

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

Примечания

- 1 Скорость воздушного потока следует определять экспериментально либо расчетом.
- 2 При промежуточных значениях скорости воздушного потока и (или) температуры воздуха в помещении значение коэффициента η определяется методом интерполяции.
- 3 При отсутствии экспериментальных либо расчетных данных скорость воздушного потока следует принимать равной: 1 м/с – при наличии в помещении аварийной вентиляции, 0 м/с – при ее отсутствии.

2.3 Определение пожароопасных категорий В1–В4 помещений

Пожароопасная категория помещения определяется путем сравнения максимального значения пожарной нагрузки на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в таблице 9.

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

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q_{ni}^p, \quad (24)$$

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

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

Удельная пожарная нагрузка q , МДж·кг⁻², определяется

$$q = \frac{Q}{S}, \quad (25)$$

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

Т а б л и ц а 9 – Значения удельной пожарной нагрузки для помещений категорий В1–В4

Категория	Удельная пожарная нагрузка на участке, МДж · м ⁻²	Способ размещения
В1	Более 2200	Не нормируется
В2	1400–2200	По требованиям п 5.3.2 ТКП 474–2013
В3	200–1400	”
В4	100–200	На любом участке пола помещения площадью не более 10 м ² . Способ размещения участков пожарной нагрузки определяется согласно требованиям п 5.3.4 ТКП 474–2013

В помещениях категорий В1–В4 допускается наличие нескольких участков с пожарной нагрузкой, не превышающей значений, приведенных в таблице 9. В помещениях категории В4 расстояния между этими участками должны быть более предельных. Рекомендуемые значения предельных расстояний $l_{пр}$ в зависимости от величины критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$, кВт·м⁻², для пожарной нагрузки, состоящей из твердых горючих и трудногорючих материалов, приведены в таблице 10.

Т а б л и ц а 10 – Значения предельных расстояний между участками с различной пожарной нагрузкой

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

Значения интенсивности теплового излучения q определяется по методике, приведенной в ТКП 474–2013. Критическая плотность падающих лучистых потоков может быть определена по таблице 11.

Величины $l_{пр}$, приведенные в таблице 10, рекомендуются при условии, если $H > 11$ м; если $H < 11$ м, то предельное расстояние определяется как

$l = l_{\text{пр}} + (11 - H)$, где $l_{\text{пр}}$ определяется по таблице 4, а H – минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм перекрытия (покрытия), м.

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

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

Для пожарной нагрузки, состоящей из ЛВЖ или ГЖ, рекомендуемое расстояние ($l_{\text{пр}}$) между соседними участками размещения (разлива) пожарной нагрузки рассчитывается по формулам: $l_{\text{пр}} \geq 15$ м при $H \geq 11$ и $l_{\text{пр}} \geq 26 - H$ при $H < 11$.

Т а б л и ц а 11 – Критическая плотность падающих лучистых потоков $q_{\text{кр}}$ для пожарной нагрузки, состоящей из твердых горючих и трудногорючих материалов

Материал	Критические плотности падающих потоков $q_{\text{кр}}$, кВт · м ⁻²
Древесина (сосна влажностью 12 %)	13,9
Древесно-стружечные плиты плотностью 417 кг · м ⁻³	8,3
Торф брикетный	13,2
Торф кусковой	9,8
Хлопок волокно	7,5
Слоистый пластик	15,4
Стеклопластик	15,3
Пергамин	17,4
Резина	14,8
Уголь	35,0
Рулонная кровля	17,4

Если при определении категорий В2 или В3 количество пожарной нагрузки Q , определенное по формуле (24), превышает или равно $Q \geq 0,64qH^2$, то помещение будет относиться к категории В1 или В2 соответственно.

Помещение площадью менее 10 м² независимо от обращающихся в них пожароопасных веществ и материалов следует относить к категории В4.

В некоторых случаях производственные помещения допускается относить к категории В4 при значениях удельной пожарной нагрузки, превышающих значения, приведенные в таблице 9. Однако при этом количество пожарной нагрузки, объем помещения и его площадь должны соответствовать значениям, приведенным в ТКП 474–2013.

2.4 Определение категорий зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

Категорирование зданий по взрывопожарной и пожарной опасности осуществляется путем последовательного анализа соответствия их той или иной категории начиная от высшей (А) к низшей (Д). При этом учитывается отношение суммарной площади помещений рассматриваемых категорий к площади всех помещений в здании. При оборудовании установками автоматического пожаротушения указанное выше отношение площадей увеличено действующими Нормами пожарной безопасности.

Здание относится к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в нем превышает 5 % площади всех помещений или 200 м². Здание не относится к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений, но не более 1000 м², при этом помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

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

- здание не относится к категории А;
- суммарная площадь помещений категорий А и Б превышает 5 % суммарной площади всех помещений или 200 м². Здание не относится к категории Б, если суммарная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений, но не более 1000 м², при этом помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категориям В, если одновременно выполнены два условия:

- здание не относится к категориям А или Б;
- суммарная площадь помещений категорий А, Б и В1–В3 превышает 5 % (10 %, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммарной площади всех помещений. Здание не относится к категории В, если суммарная площадь помещений категорий А, Б и В1–В3 в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем помещений, но не более 3500 м², при этом помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категориям Г, если одновременно выполнены два условия:

- здание не относится к категориям А, Б или В;
- суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1–В3 и Г1–Г2 превышает 5 % суммарной площади всех помещений. Здание не относится к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В1–В3 и Г1–Г2 в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нем

помещений (но не более 5000 м²) и помещения категорий А, Б, В1–В3 оборудуются установками автоматического пожаротушения.

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

3 КЛАССИФИКАЦИЯ ВЗРЫВО- И ПОЖАРООПАСНЫХ ЗОН ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Повышение энерговооруженности производственных объектов увеличивает потенциальную опасность возникновения взрывов и пожаров, так как нарушение правил монтажа и эксплуатации электроустановок может привести к возникновению источников воспламенения. Поэтому Правилами устройства электроустановок предусматривается классификация взрывоопасных и пожароопасных зон в производственных помещениях и наружных установках с учетом взрывопожароопасных свойств и количества применяемых веществ и материалов.

3.1 Взрывоопасные зоны

Взрывоопасная зона – помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образовываться взрывоопасные смеси.

При определении взрывоопасных зон принимается, что взрывоопасная зона в помещении занимает весь объем помещения, если объем взрывоопасной смеси превышает 5 % свободного объема помещения. Взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объем взрывоопасной смеси равен или менее 5 % свободного объема помещения. Помещение за пределами взрывоопасной зоны следует считать невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность.

Зоны класса В-I – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (загрузка или разгрузка технологических аппаратов, хранение или переливание ЛВЖ в открытых емкостях и т. д.).

Зоны класса В-Iа – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а образование их возможно только в результате аварий или неисправностей.

Зоны класса В-Iб – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров

ЛВЖ с воздухом не образуются; образование их возможно только в результате аварий или неисправностей, характеризующихся одной из следующих особенностей:

- горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом распространения пламени и резким запахом (например, машинные залы аммиачных компрессорных и холодильных абсорбционных установок);

- помещения, в которых применяется газообразный водород, где по условиям технологического процесса исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5 % свободного объема помещения, имеют взрывоопасную зону только в верхней части помещения от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола, но не выше кранового пути. Эти требования не распространяются на электромашинные помещения с турбогенераторами с водородным охлаждением при наличии в помещении вытяжной вентиляции с естественным побуждением.

К классу В-Іб относятся также зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ используются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в зоне, превышающей 5 % свободного объема помещения, и в которых выполняются работы с горючими газами и ЛВЖ без применения открытого огня. Эти зоны не относятся к взрывоопасным при выполнении работ с горючими газами и ЛВЖ в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

Зоны класса В-Іг – пространства у наружных установок; технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ; надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры); эстакад для слива и налива ЛВЖ; открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.

Кроме того, к зонам класса В-Іг относятся: пространства у проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений с взрывоопасными зонами классов В-І, В-Іа и В-ІІ; пространства у наружных ограждающих конструкций, если на них расположены устройства для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений с взрывоопасными зонами любого класса или если они находятся в пределах наружной взрывоопасной зоны; пространства у предохранительных и дыхательных клапанов емкостей и технологических аппаратов с горючими газами и ЛВЖ.

Зоны класса В-ІІ – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы (например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов).

Зоны класса В-Іа – зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные ситуации не возникают при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

3.2 Пожароопасные зоны

Пожароопасная зона – пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

Помещения и установки, в которых содержатся жидкости с температурой вспышки выше 61 °С и пыли с НКПР выше 65 г·м⁻³, относят к пожароопасным и классифицируют по следующим зонам.

Зона класса П-I – помещения, в которых содержатся ГЖ (например, масла).

Зона класса П-II – помещения, в которых содержатся горючие пыли с НКПР выше 65 г·м⁻³.

Зона класса П-IIa – помещения, в которых содержатся твердые горючие вещества, не способные переходить во взвешенное состояние.

Установки класса П-III – наружные установки, в которых содержатся жидкости с температурой вспышки выше 61 °С или твердые горючие вещества.

Указатель категорий помещения по пожарной опасности по ТКП 474–2013 и класса зоны по ПУЭ

Форма и оформление указателя приведены на рисунке 2.

Надписи выполняются цветом, контрастным по отношению к цвету полотнищ дверей и ворот. Диаметр круга: 200, 250, 300 мм.

Указатель наносится на полотнища дверей и ворот на уровне 2/3 высоты полотнища от отметки пола или земли.



Рисунок 2 – Форма указателя категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности по ТКП 474–2013 и класса зоны по ПУЭ

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Перечень противопожарных мероприятий для каждого производственного объекта определяется в зависимости от категорий по взрывопожарной и пожарной опасности. Категорирование производственных объектов в свою очередь осуществляется с учетом характеристики и количества горючих веществ и материалов, обращающихся на производственном объекте.

При этом учитываются основные показатели, к которым относятся: температура вспышки, температура воспламенения и др. (п. 1.3).

4.1 Определение температуры вспышки горючих жидкостей в закрытом тигле

Температуру вспышки легковоспламеняющихся и горючих жидкостей определяют в закрытом тигле на приборе ПВНЭ (прибор вспышки нефтепродуктов с электрическим подогревом), принципиальная схема которого представлена на рисунке 3.

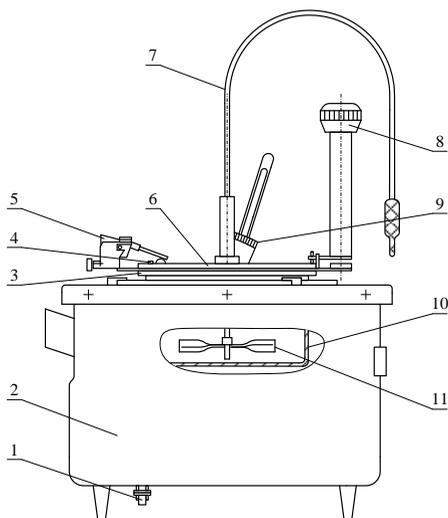


Рисунок 3 – Прибор ПВНЭ для определения температуры вспышки горючих жидкостей:

1 – клемма для подключения заземления; 2 – металлический кожух с электронагревателем; 3 – крышка тигля; 4 – зубец; 5 – зажигательное приспособление; 6 – заслонка; 7 – гибкая передача; 8 – пружинный рычаг; 9 – патрубок для термометра; 10 – тигель; 11 – мешалка.

Прибор ПВНЭ устанавливают на специальной платформе с тремя установочными винтами. Он закрыт металлическим кожухом 2, внутри которого в центре укреплен металлический цилиндр, являющийся электронагревательной ванной. По боковой поверхности и по дну цилиндра, выложенными асбестом, проходит электрическая спираль, концы которой выведены к двум зажимам на наружной поверхности кожуха для подключения к сети переменного тока через регулятор напряжения, позволяющий плавно изменять скорость нагревания испытуемой жидкости.

Внутрь цилиндра вставлен тигель 10 для испытуемого продукта. В верхней части стакана имеется риска, указывающая предел наполнения стакана испытуемой жидкостью.

С целью более точного определения температуры вспышки прибор имеет мешалку 11 для перемешивания во время подогрева в стакане испытуемой жидкости (нижняя пара лопастей) и ее паров в смеси с воздухом (верхняя пара лопастей). Мешалка приводится во вращение гибкой передачей 7 при нажатии на рукоятку.

Стакан плотно закрыт крышкой 3, имеющей три отверстия трапециевидной формы. В нерабочем положении они закрываются заслонкой 6 с двумя отверстиями, соответствующими среднему и боковому отверстиям крышки. Заслонка поворачивается головкой 8. На крышке в стойке на цапфах установлено зажигательное приспособление 5.

При вращении головки 8 пружина, проходящая через колонку, поворачивает через рычаг заслонку 6, которая открывает среднее отверстие крышки. Когда оно откроется на 3/5 своей длины (по окружности), откроются и боковые отверстия крышки. Одновременно наклоняется в вертикальной плоскости зажигательное приспособление 5. При полном совпадении отверстий заслонки и крышки зажигательное устройство опустится в среднее отверстие до середины толщины крышки, и в этот момент на короткое время появится пламя над поверхностью жидкости. Это и есть момент вспышки. При этом термометр показывает температуру вспышки испытуемой жидкости. При отпуске головки 8 заслонка и зажигательное устройство возвращаются в первоначальное положение, и отверстия крышки окажутся закрытыми заслонкой.

Подготовка к работе

1 Тигель и крышку прибора промыть растворителем, высушить, удалить следы растворителя и охладить до температуры не менее чем на 17 °С ниже предполагаемой температуры вспышки.

2 При испытании продуктов с температурой вспышки до 50 °С нагревательную ванну охладить до температуры окружающей среды.

3 Испытуемый продукт налить в тигель до метки, не допуская смачивания стенок тигля выше указанной метки.

4 Тигель закрыть крышкой, установить в нагревательную ванну, вставить термометр и поджечь зажигательное устройство, регулируя пламя так, чтобы форма его была близкой к шару диаметром 3–4 мм.

5 При испытании токсичного продукта или продукта, который выделяет токсичные вещества при разложении и горении, испытание проводить в вытяжном шкафу.

Порядок выполнения работы

- 1 Рассчитать температуру вспышки испытуемой жидкости по формуле (1).
- 2 Нагревательную ванну включить и нагревать испытуемый продукт в тигле.
- 3 Измерить барометрическое давление.
- 4 Перемешивание вести, обеспечивая частоту вращения мешалки от 1,5 до 2,0 с⁻¹, а нагрев продукта – со скоростью от 5 до 6 °С в мин.
- 5 Испытания на вспышку проводятся:
 - для продуктов с температурой вспышки до 50 °С не более чем за 10 °С до предполагаемой температуры вспышки;
 - свыше 50 °С – не более чем за 17 °С до предполагаемой температуры вспышки.

Испытание на вспышку проводится при повышении температуры на каждый 1 °С для продуктов с температурой вспышки до 104 °С и на каждые 2 °С для продуктов с температурой вспышки выше 104 °С.

В момент испытания на вспышку перемешивание прекратить, привести в действие расположенный на крышке механизм, который открывает заслонку и опускает пламя. При этом пламя опустить в паровое пространство за 0,5 с, оставить в самом нижнем положении на 1 с, а затем поднять в верхнее положение.

7 За температуру вспышки каждого определения принять показания термометра в момент четкого появления первого (синего) пламени над поверхностью продукта внутри прибора.

При появлении неясной вспышки она должна быть подтверждена последующей при повышении температуры на 1 или 2 °С. Если при этом вспышка не произойдет, испытание повторяют вновь.

Обработка результатов

1 Вычислить температуру вспышки с поправкой на стандартное барометрическое давление 101,325 кПа, 760 мм рт. ст. алгебраическим сложением найденной температуры и поправки, определенной по формуле (26) или (27).

$$\Delta t = \frac{101,325 - P}{3,3} \cdot 0,9; \quad (26)$$

$$\Delta t = 0,0362 (760 - P). \quad (27)$$

где P – фактическое барометрическое давление в (26) – кПа, (27) – мм рт. ст.

Допускается пользоваться поправками, вычисленными с погрешностью не более 1 °С по формуле (27), приведенными в таблице 12.

2 За результат испытания принять среднее арифметическое не менее двух последовательных определений. Полученное значение температуры вспышки (°С) округлить до целого числа.

Т а б л и ц а 12 – Поправка на барометрическое давление

Барометрическое давление		Поправка, °С
кПа	мм рт. ст.	
84,8–88,4	636–663	+4
88,5–92,1	664–691	+3
92,2–95,7	692–718	+2
95,8–99,4	719–746	+1
103,2–106,8	774–801	–1

Расхождения между двумя параллельными определениями температуры вспышки не должны превышать величин, приведенных в таблице 13.

Т а б л и ц а 13 – Допускаемые расхождения в значениях температуры вспышки

Температура вспышки, °С	Допускаемые расхождения, °С
<i>Для нефтепродуктов</i>	
До 150	4
Свыше 150	6
<i>Для химических органических продуктов</i>	
До 50	2
Свыше 50	3

3 Данные опытов и результаты исследований заносятся в протокол (таблица 14).

Т а б л и ц а 14 – Результаты наблюдений

Наименование исследуемой жидкости	Номер опыта	Температура вспышки, °С		Показания термометра, °С	Время прогрева, мин	Температурная поправка, °С	Показания барометра
		расчетная	экспериментальная				

4 На основании полученных результатов определить разряд опасности легковоспламеняющейся жидкости.

4.2 Определение температуры воспламенения горючих жидкостей в открытом тигле

Температура воспламенения горючих жидкостей определяется в закрытом тигле на приборе ЛТВО. Принципиальная схема стандартного прибора ЛТВО открытого типа представлена на рисунке 4.

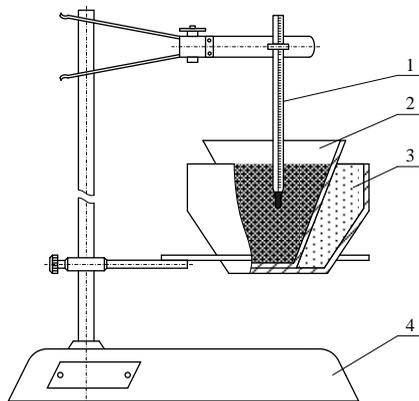


Рисунок 4 – Прибор ЛТВО для определения температуры вспышки и воспламенения:

1 – термометр; 2, 3 – внутренний и наружный тигли; 4 – штатив.

Прибор открытого типа состоит из тигля внутреннего 2, предназначенного для наполнения испытуемым нефтепродуктом; тигля наружного 3 (песчаной бани); штатива 4 с зажимом для термометра и с кольцом для тигля; термометра 1, служащего для замера температуры вспышки и воспламенения.

Порядок выполнения работы

1 Промыть внутренний тигель бензином, эфиром, просушить его и поставить в песчаную баню с прокаленным песком так, чтобы песок окружал тигель на высоте 12 мм от верхнего края.

Слой песка между дном внутреннего тигля и дном песчаной бани должен быть толщиной 5–8 мм.

2 Установить прибор в таком месте, где нет заметного движения воздуха, свет затемнен и хорошо видно воспламенение жидкости.

3 Влить во внутренний тигель испытуемую жидкость в таком количестве, чтобы уровень ее не доходил до края тигля на 12 мм для жидкостей с температурой вспышки до 210 °С и на 18 мм – для жидкостей с более высокой температурой вспышки. Правильный налив жидкости в тигель проверяют шаблоном.

При налипании не допускать разбрызгивания жидкости и смачивания стенок внутреннего тигля выше уровня жидкости.

4 Установить термометр в строго вертикальном положении так, чтобы ртутный шарик находился в центре налитого объема жидкости.

5 Наружный тигель нагревать пламенем спиртовки до момента вспышки нефтепродукта.

После появления вспышки нефтепродукта продолжить нагревание тигля так, чтобы температура испытуемой жидкости поднималась со скоростью 4 °С в минуту и проводить испытания пламенем зажигательного приспособления каждые 2 °С подъема температуры жидкости. За температуру воспламенения принимают температуру, показываемую термометром в тот момент, когда испытуемый нефтепродукт при поднесении к нему пламени зажигательного приспособления загорается и продолжает гореть не менее 5 с.

Результаты испытаний проверить не менее 2 раз.

6 Если при проведении испытаний атмосферное давление отличается от 760 мм рт. ст. на 15 мм и больше, в показания термометра вводят температурную поправку (как и при определении температуры вспышки).

На этом же приборе можно определить и температуру вспышки жидкости.

7 Данные опытов и результаты исследований заносятся в протокол (таблица 15).

Т а б л и ц а 15 – Результаты наблюдений

Наименование исследуемой жидкости	Номер опыта	Температура воспламенения, °С		Показания термометра, °С	Время прогрева, мин	Температурная поправка, °С	Показания барометра
		расчетная	эксперимен- тальная				

8 На основании полученных результатов определить: разряд опасности горючей жидкости.

4.3 Определение категорий производственных объектов по взрывопожарной и пожарной опасности

В соответствии с требованиями ТКП 474–2013 «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» с учетом полученных результатов исследований и исходных данных для производственного объекта нужно определить категорию здания и одного из производственных помещений по взрывопожарной и пожарной опасности. При определении категории учитывать количество и взрывопожароопасные свойства находящихся на проектируемых объектах веществ и материалов.

Содержание отчета

Отчет по работе должен включать:

- описание приборов, принципа их действия и схем;
- описание методики исследования;

- заполнение протоколов по результатам исследования;
 - определение категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности;
 - определение категорий зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
- Выводы по выполненной лабораторной работе.

Контрольные вопросы

- 1 Показатели, характеризующие пожаро- и взрывоопасные свойства веществ.
- 2 Методика определения температуры вспышки и температуры воспламенения горючих жидкостей.
- 3 Категории пожарной и взрывопожарной опасности и их характеристики.
- 4 Классы взрывоопасных и пожароопасных зон и их характеристики.
- 5 Определение расчетного избыточного давления взрыва горючих газов и паров жидкости.
- 6 Обоснование категорий помещения В1–В4 по удельной пожарной нагрузке.
- 7 Определение категории всего здания по взрывопожарной и пожарной опасности.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

ПОКАЗАТЕЛИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И СМЕСЕЙ

Таблица А.1 – Показатели пожарной опасности индивидуальных веществ

Вещество	Химическая формула	Молярная масса, кг/моль	Температура вспышки, °С	Температура самовоспламенения, °С	Константы уравнения Антуана			Температурный интервал значений констант уравнения Антуана, °С	Нижний концентрационный предел распространения пламени $C_{ниж}, \%$	Характеристики вещества	Теплота сгорания, кДж · кг ⁻¹
					A	B	C _A				
1 Амилацетат	C ₇ H ₁₄ O ₂	130,196	+43	+290	7,16870	1579,510	221,365	25+147	1,08	ЛВЖ	–
2 Амиловый спирт	C ₅ H ₁₂ O	88,149	+48	+300	7,18246	1287,625	161,330	74+157	1,48	ЛВЖ	34702
3 Ацетальдегид	C ₂ H ₄ O	44,053	–40	+172	7,19160	1093,537	233,413	–80+20	4,12	ГГ	–
4 Ацетон	C ₃ H ₆ O	50,080	–18	+535	7,25058	1281,721	237,088	–15+93	2,91	ЛВЖ	28470
5 Бензол	C ₆ H ₆	78,113	–11	+534	6,48898 6,98426	902,275 1252,776	178,099 225,178	–20+6 –7+80	1,43	ЛВЖ	38519
6 Н-бутилацетат	C ₆ H ₁₂ O ₂	116,160	+29	+330	7,00641	1340,743	199,757	0+100	1,43	ЛВЖ	–
7 Н-бутиловый спирт	C ₆ H ₁₀ O	74,122	+35	+345	9,59730	2664,684	279,638	–1+126	1,81	ЛВЖ	33000
8 Бутилацетат (вторичный)	C ₆ H ₁₂ O ₂	116,160	+19	+410	–	–	–	–	1,4	ЛВЖ	–
9 Бензиловый спирт	C ₇ H ₈ O	108,130	+90	+400	7,93428 7,58200	2130,42 1904,3	218,0 200,0	20+112 112+300	1,3	ГЖ	–
10 Гексадекан	C ₁₆ H ₃₄	226,445	+128	+207	6,78749	1656,405	136,869	105+287	0,473	ГЖ	–
11 Гексан	C ₆ H ₁₄	86,177	–23	+234	6,87024	1166,274	223,661	–54+69	1,242	ЛВЖ	44800
12 Н-гексиловый спирт	C ₆ H ₁₄ O	102,176	+60	+285	7,27800	1420,273	165,469	56+157	1,23	ГЖ	–

13 Гептан	C_7H_{16}	100,203	-4	+223	6,95154	1295,405	219,819	-60+98	1,074	ЛВЖ	44900
14 Глицерин	$C_3H_8O_3$	92,094	+198	+400	9,05260	3074,220	214,712	141+263	2,6	ГЖ	16124
15 Декан	$C_{10}H_{22}$	142,284	+47	+230	7,39530	1809,975	227,700	17+174	0,760	ЛВЖ	44400
16 Дивиниловый эфир	C_4H_6O	70,091	-30	+360	6,98810	1055,259	228,589	-40+60	1,7	ЛВЖ	-
17 Диметил-формамид	C_3H_7ON	73,094	+53	+440	7,03446	1482,985	204,342	25+153	2,35	ЛВЖ	-
18 Диоксан-1,4	$C_4H_8O_2$	88,106	+11	+375	7,51611	1632,425	250,725	12+101	2,0	ЛВЖ	-
19 1,2-дихлорэтан	$C_2H_4Cl_2$	98,960	+9	+413	7,66135	1640,179	259,715	-24+83	6,2	ЛВЖ	11000
20 Диэтиламин	$C_4H_{11}N$	73,138	-14	+310	7,22314	1267,557	236,329	-33+59	1,77	ЛВЖ	
21 Диэтиловый эфир	$C_4H_{10}O$	74,122	-41	+180	6,99790	1098,945	232,372	-60+35	1,7	ЛВЖ	33900
22 Изобутиловый спирт	$C_4H_{10}O$	74,122	+28	+364	8,70512	2058,392	245,642	-9+116	1,81	ЛВЖ	33000
23 Изопентан	C_5H_{12}	72,150	-52	+432	6,79306	1022,551	233,493	-83+28	1,36	ЛВЖ	45200
24 Изопропилбензол	C_9H_{12}	120,194	+36	+424	6,93773	1460,668	207,652	3+153	0,93	ЛВЖ	-
25 Изопропиловый спирт	C_3H_8O	60,096	+14	+430	8,38562	1733,00	232,380	-26+148	2,23	ЛВЖ	30000
26 М-ксилол	C_8H_{10}	106,167	+28	+530	6,58807	1906,796	234,917	20,7+181	1,1	ЛВЖ	40872
27 О-ксилол	C_8H_{10}	106,167	+31	+464	6,28893	1575,114	223,579	-3,8+144,4	1,0	ЛВЖ	40872
28 п-ксилол	C_8H_{10}	106,167	+26	+528	6,25485	1537,082	223,608	-8,1+138,3	1,1	ЛВЖ	40872
29 Метилловый спирт	CH_4O	32,042	+6	+436	8,22777	1660,454	245,818	-10+90	6,98	ЛВЖ	19500
30 Толуол	C_7H_8	92,140	+7	+535	6,0507	1328,171	217,713	-26,7+110,6	1,27	ЛВЖ	41031
31 Трихлорэтилен	C_2HCl_3	131,4	+36	+380	7,02808 7,4675	1315,0 1675,0	230,0 280,0	7+155 155+293	1,27 12	ЛВЖ ТГ	41031
32 Уксусная кислота	$C_3H_7O_3$	111,097	+38	-	7,79845	1789,908	245,908	0+118	3,33	ЛВЖ	-
33 Хлорбензол	C_6H_5Cl	112,558	+29	+637	7,26112	1607,316	235,351	-35+132	1,4	ЛВЖ	27130
34 Этилацетат	$C_4H_8O_2$	88,106	-3	+446	6,22672	1244,951	217,881	-15+75,8	2,08	ЛВЖ	-
35 Этилбензол	C_8H_{10}	106,167	+20	+431	6,35879	1590,660	229,581	-9,8+136,2	1,03	ЛВЖ	40872
36 Этиловый спирт	C_2H_6O	46,069	+13	+400	8,68665	1918,508	252,125	-31+78	3,61	ЛВЖ	26900
37 Этилцеллозольв	$C_4H_{10}O_2$	90,122	+40	+215	8,74133	2392,56	273,15	20+135	1,8	ЛВЖ	-

Т а б л и ц а А.2 – Показатели пожарной опасности смесей и технических продуктов

Вещество	Химическая формула	Молярная масса, кг/моль	Температура вспышки, °С	Температура самовоспламенения, °С	Константы уравнения Антуана			Температурный интервал значений констант уравнения Антуана, °С	Нижний концентрационный предел распространения пламени $C_{пл,ниж}$, %	Характеристики вещества
					<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C_A</i>			
1 Бензин авиационный Б-70 (ГОСТ 1012–72)	$C_{7,267}$ $H_{14,769}$	102,200	–34	300	8,41944	2629,65	384,195	–40+100	0,92	ЛВЖ
2 Бензин А–72 (зимний) (ГОСТ 2084–77)	$C_{6,991}$ $H_{13,108}$	97,200	–36	–	5,07020	628,876	222,066	–60+85	1,08	ЛВЖ
3 Бензин АИ-93 (летний) (ГОСТ 2084–77)	$C_{7,024}$ $H_{13,706}$	98,200	–36	–	4,99831	664,976	221,695	–60+95	1,06	ЛВЖ
4 Бензин АИ–93 (зимний) (ГОСТ 2084–77)	$C_{6,911}$ $H_{12,168}$	95,300	–37	–	5,14031	695,019	223,220	–60+90	1,1	ЛВЖ
5 Бензин «Калоша»	–	–	–17	+350	–	–	–	–	1,1	ЛВЖ
6 Бензин А-66	–	–	–39	+225	–	–	–	–	0,76	ЛВЖ
7 Дизельное топливо «ДЗ» (зимнее) общего назначения (ГОСТ 305–82)	–	–	+53	+240	–	–	–	–	–	ЛВЖ
8 Дизельное топливо «ДЛ» (летнее) общего назначения (ГОСТ 305–82)	–	–	+40	+330	–	–	–	–	–	ЛВЖ
9 Дизельное топливо «З» (ГОСТ 305–82) для тепловозных дизелей	$C_{12,343}$ $H_{23,889}$	172,3	+40	–	5,95338	1255,73	199,523	40+210	0,61	ЛВЖ
10 Дизельное топливо «Л» (ГОСТ 305–82) для тепловозных дизелей	$C_{14,511}$ $H_{29,120}$	203,6	+61	–	5,87629	1314,04	192,473	60+240	0,52	ЛВЖ
11 Ксилол (смесь изомеров) (ГОСТ 9410–78)	$C_{7,99}$ $H_{9,98}$	106,0	+24	+590	7,05479	1478,16	220,535	0+50	1,0	ЛВЖ

12 Керосин осветительный КО-20	C _{13,595} H _{26,860}	191,7	+40	–	5,69697	1211,73	194,677	40+240	0,55	ЛВЖ
13 Керосин осветительный КО-22	C _{10,914} H _{21,832}	153,1	+40	–	6,47119	1394,72	204,260	40+190	0,64	ЛВЖ
14 Керосин осветительный КО-25	C _{11,054} H _{21,752}	154,7	+40	–	6,00016	1223,85	203,341	40+190	0,66	ЛВЖ
15 Масло промышленное «50»	–	–	+200	+380	–	–	–	–	–	ГЖ
16 Масло вазелиновое	–	–	+187	+290	–	–	–	–	–	ГЖ
17 Масло трансформаторное (ГОСТ 10121–76)	C _{21,74} H _{42,88} S _{0,004}	303,9	+150	+270	7,75932	2524,17	174,010	164+343	0,291	ГЖ
18 Масло турбинное 22	–	–	+184	+400	–	–	–	–	–	ГЖ
19 Масло ВМ-4	–	–	+212	+400	–	–	–	–	–	ГЖ
20 Масло цилиндрическое «11»	–	–	+197	+350	–	–	–	–	–	ГЖ
21 Масло промышленное (веретенное 2)	–	–	+164	+280	–	–	–	–	–	ГЖ
22 Масло промышленное (веретенное 3)	–	–	+158	+320	–	–	–	–	–	ГЖ
23 Масло промышленное (машинное)	–	–	+181	+355	–	–	–	–	–	ГЖ
24 Масло соляровое	–	–	+142	+360	–	–	–	–	–	ГЖ
25 Масло АМТ-300 (ТУ 38-1Г-1–68)	C _{22,25} H _{33,48} S _{0,34} N _{0,07}	312,9	+170	+290	6,99959	2240,001	167,85	170+376	0,35	ГЖ
26 Масло АМТ-300Т (ТУ 38-101243–72)	C _{19,04} H _{24,58} S _{0,196} N _{0,04}	260,3	+170	–	6,49540	2023,77	164,09	171+396	0,43	ГЖ
27 Разбавитель РДВ	–	–	+2,0	+424	–	–	–	–	1,83	ЛВЖ

Продолжение таблицы А.2

Вещество	Химическая формула	Молярная масса, кг/моль	Температура вспышки, °С	Температура самовоспламенения, °С	Константы уравнения Антуана			Температурный интервал значений констант уравнения Антуана, °С	Нижний концентрационный предел распространения пламени $C_{нижн}$, %	Характеристики вещества
					A	B	C_A			
28 Растворитель 648	—	—	+13	+388	—	—	—	—	1,65	ЛВЖ
29 Растворитель Р-4 (н-бутилацетат-12, толуол-62, ацетон-26)	$C_{5,452}$ $H_{7,606}$ $O_{0,535}$	81,7	-9	+550	7,17192	1373,667	242,828	-15+100	1,60	ЛВЖ
30 Растворитель Р-4 (ксилол-15, толуол-70, ацетон-15)	$C_{6,231}$ $H_{7,798}$ $O_{0,223}$	86,3	-4	+550	7,15373	1415,199	244,752	-15+100	1,38	ЛВЖ
31 Растворитель Р-5 (н-бутилацетат-30, ксилол-40, ацетон-30)	$C_{5,309}$ $H_{8,655}$ $O_{0,897}$	86,3	-9	—	7,17850	1378,851	245,039	-15+100	1,57	ЛВЖ
32 Растворитель М (н-бутилацетат-30, этилацетат-5, этиловый спирт-60, изобутиловый спирт-5)	$C_{2,761}$ $H_{7,147}$ $O_{1,187}$	59,4	+6	—	8,93204	2083,566	267,735	0+50	2,79	ЛВЖ
33 Растворитель РМЛ ТУКУ 467-56 (толуол-10, этиловый спирт-64, н-бутиловый спирт-10, этилцеллозольв-16)	$C_{2,645}$ $H_{5,810}$ $O_{1,038}$	55,2	+10	—	9,57161	2487,728	290,920	0+50	2,85	ЛВЖ
34 Растворитель РМЛ 218 (МРТУ 6-10-729-68) (н-бутилацетат-9, ксилол-21,5, толуол-21,5 этиловый спирт-16, н-бутиловый спирт-3, этилцеллозольв-13, этилацетат-16)	$C_{4,791}$ $H_{8,318}$ $O_{0,971}$	81,5	+4	—	8,07751	1761,043	251,546	0+50	1,72	ЛВЖ

35 Растворитель Р-12 (н-бутилацетат-10, ксилол-10, толуол-60 этиловый спирт-16, н-бутиловый спирт-3, этилцелло- золь-13, этилацетат-16)	C _{6,837} H _{9,217} O _{0,515}	99,6	+10	–	7,04804	1403,079	221,483	0+100	1,26	ЛВЖ
36 Растворитель РМЛ 315 (ТУ 6-10-1013-17) (н-бутилацетат-18, ксилол-25, толуол-25, н-бутиловый спирт-15, этилцеллозоль-17)	C _{5,962} H _{9,779} O _{0,845}	95,0	+16	–	7,71160	1699,687	241,00	0+50	1,25	ЛВЖ
37 Скипидар	–	–	+34	+300	–	–	–	–	0,8	ЛВЖ
38 Уайт-спирит (ГОСТ 3134–78)	C _{10,5} H _{21,0}	147,3	+33	+260	8,01130	2218,3	273,15	20+80	0,7	ЛВЖ
39 Дизельное топливо «А» об- щего назначения (ГОСТ 305–82)	–	–	+30	–	–	–	–	–	–	ЛВЖ
40 Дизельное топливо «А» для теп- ловозных дизелей (ГОСТ 305–82)	–	–	+35	–	–	–	–	–	–	ЛВЖ

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

**ПОКАЗАТЕЛИ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА
ПОЖАРНОЙ НАГРУЗКИ**

Таблица Б.1 – Низшая теплота сгорания Q_H^p и плотность ТГМ, ЛВЖ и ГЖ, обращающихся в помещениях объектов железнодорожного транспорта

Наименование веществ и материалов	Низшая теплота сгорания, МДж·кг ⁻¹	Плотность, кг·м ⁻³
<i>Жидкие горючие вещества и материалы</i>		
1 Ацетон	29	790,5
2 Бензин	41,9	722–751
3 Бензол	40,9	879
4 Бутиловый спирт	41,9	809,9
5 Дизельное топливо	43	831–921
6 Керосин	43,54	810–840
7 Ксилол	40,8	880,2
8 Лак изоляционный пропиточный (БТ–99, ФЛ–98) (содержание летучих – 48 %)	42	953
9 Мазут	39,8	925
10 Масло промышленное	42	903–917
11 Масло трансформаторное	42	878
12 Масло турбинное	41,87	900
13 Метиловый спирт	22,7	791,5
14 Нефть	41,9	840–916
15 Соляровое масло	42	900
16 Толуол	41	867
17 Уайт-спирит	43,62	776
18 Эмаль ПФ-115 (содержание летучих – 34 %)	42	960
19 Этиловый спирт	27,2	780,9
20 Клей (резиновый)	42	850
<i>Твердые горючие вещества и материалы</i>		
21 Бумага разрыхленная	13,4	300
22 Бумага (книги, журналы)	13,4	450
23 Винилискожа	20,934	
24 Волокно штапельное	13,8	
25 Войлок строительный		
26 Древесина сосновая ($W_p = 20\%$)	13,8	240
27 Древесно-волоконистая плита (ДВП)	20,9	
28 Древесно-стружечная плита (ДСП)	18,23	
29 Декоративный бумажно-слоистый пластик (ДБСП «Манминит»)	18,673	
30 Карболитовые изделия	26,0	

Окончание таблицы Б.1

Наименование веществ и материалов	Низшая теплота сгорания, МДж·кг ⁻¹	Плотность, кг·м ⁻³
31 Каучук натуральный	42,3	
32 Каучук синтетический	40,2	910–940
33 Кабель (силовой, освещения управления, автоматики)	37,51	
34 Картон серый	15,43	3,6 кг/п.м 0,67 кг/м ²
35 Кинопленка триацетатная		
36 Линолеум ПВХ		32 кг/м ²
37 Лен разрыхленный	15,7	
38 Мипора (резина пористая)	17,43	4,69 кг/м ² 80–500
39 Органическое стекло	25,1	
40 Обтирочный материал	15,7	
41 Плита столярная	20,0	
42 Пенополиуретан	24,3	
43 Плиты пенополистирольные	41,24	3635
44 Резина	33,52	
45 Стеклопластик	10,803	1000–1250
46 Ткань хлопчатобумажная (в навал)	16,75	1700
47 Ткань шерстяная (в навал)	22,58	190
48 Фанера	22,12	
49 Резиновая и полихлорвиниловая изоляция проводов	37,51	

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

**КОНЦЕНТРАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ГАЗОВ И ПАРОВ
С НАИБОЛЬШЕЙ ОПАСНОСТЬЮ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ**

Газы и пары	Концентрация с наибольшей опасностью воспламенения, %	Температура самовоспламенения, °С
Окись углерода CO	40,8	610
Метан CH ₄	8,2	537
Бензин	1,08	300
Бутан C ₄ H ₁₀	1,8	362
Ацетон C ₃ H ₆ O	5,9/4,5	535
Хлорбензол C ₆ H ₅ Cl	7,1/1,3	637
Метиловый спирт CH ₃ OH	11,0	
Этиловый спирт C ₂ H ₅ OH	6,5	
n-Бутанол C ₄ H ₁₀ O	115/125	408
Аммиак NH ₃	24,5/17,0	650
Этилен C ₂ H ₄	6,5	540
Ацетилен C ₂ H ₂	3	335
Водород H ₂	27,0	530
Сероуглерод CS ₂	8,5	102
Диоксан C ₄ H ₈ O ₂	4,75	379
Винилацетат C ₄ H ₆ O ₂	4,75	385

ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТЕГОРИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И ОБЪЕКТОВ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Пример 1. Определение категории аккумуляторного помещения по взрывопожарной и пожарной опасности.

Для определения категории необходимо установить исходные данные для расчета. Аккумуляторное помещение имеет объем $V_{\text{пом}} = 27,2 \text{ м}^3$. В помещении установлены аккумуляторные батареи СК-4 из 12 аккумуляторов и СК-1 из 13 аккумуляторов.

Максимальная абсолютная температура воздуха согласно СНБ 2.04.02–2000 в районе расположения помещения $38 \text{ }^\circ\text{C}$.

За расчетный вариант принимается одновременный заряд всех батарей, находящихся в аккумуляторном помещении с наибольшим значением зарядного тока, превышающим в 4 раза максимально допустимый.

Плотность водорода при расчетной температуре воздуха (формула (3.36) [15])

$$\rho_{\text{г}} = \frac{2}{22,413(1 + 0,0367 \cdot 38)} = 0,0783 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}.$$

Объем водорода, поступающего в аккумуляторное помещение при зарядке двух батарей СК-4 и СК-1 (формула (3.35) [15])

$$V_{\text{н}} = \frac{1,036 \cdot 10^{-8}}{0,0783} \cdot (4 \cdot 9 \cdot 13 + 4 \cdot 36 \cdot 12) \cdot 3600 = 1,046 \text{ м}^3.$$

Свободный объем аккумуляторного помещения

$$V_{\text{св}} = 0,8V_{\text{пом}} = 0,8 \cdot 27,2 = 21,76 \text{ м}^3.$$

С учетом полученных данных избыточное давление взрыва водорода в аккумуляторном помещении (формула (3.37) [15])

$$\Delta p_{\text{в}} = (900 - 101) \cdot \frac{1,046 \cdot 1,0 \cdot 100 \cdot 1}{21,76 \cdot 29,24 \cdot 3} = 43,78 \text{ кПа}.$$

Так как расчетное избыточное давление взрыва более 5 кПа, то в соответствии с ТКП 474–2013 аккумуляторное помещение следует отнести к категории А.

Определим избыточное давление взрыва водорода в аккумуляторном помещении с учетом работы аварийной вентиляции.

При кратности воздухообмена $K_{\text{в}}$, создаваемого аварийной вентиляцией, равной 8 ч^{-1} , объем водорода, поступающего в помещение

$$V'_n = \frac{V_n}{K_b / 3600T + 1} = \frac{1,046}{8 + 1} = 0,116 \text{ м}^3.$$

Избыточное давление взрыва при этом

$$\Delta p_b = (900 - 101) \cdot \frac{0,116 \cdot 1,0 \cdot 100 \cdot 1}{21,76 \cdot 29,24 \cdot 3} = 4,86 \text{ кПа}.$$

При кратности воздухообмена $K_b = 8 \text{ ч}^{-1}$ в помещении со свободным объемом $V_{cb} = 21,76 \text{ м}^3$ достаточно удаление воздуха аварийной вентиляцией:

$$V_{ав} = K_b V_{cb} = 8 \cdot 21,76 = 174 \approx 180 \text{ м}^3/\text{ч}, \text{ с учетом требований СНБ 4.02.01–03.}$$

Таким образом, при оборудовании аккумуляторного помещения аварийной вентиляцией с кратностью воздухообмена $K_b = 8 \text{ ч}^{-1}$, отвечающей требованиям ТКП 474–2013, СНБ 4.02.01–03 и ПУЭ, допускается не относить аккумуляторное помещение к категории А.

В соответствии с требованиями ТКП 474–2013 при расчетном давлении взрыва менее 5 кПа аккумуляторное помещение следует относить к категории В4.

Пример 2. Определение категории помещения кладовой площадью $18 \times 3 \text{ м}$ и высотой до перекрытия $H = 3 \text{ м}$. В кладовой хранится 90 кг резинотехнических изделий и 30 кг деталей древесины на площади 10 м^2 .

Определяем удельную пожарную нагрузку по формуле (25), используя данные таблицы Б:

$$q = \frac{33,52 \cdot 90 + 30 \cdot 13,8}{10} = \frac{3431}{10} = 343,1 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}.$$

Согласно таблице 9 помещение предварительно относится к категории В3. Для окончательного решения определим расчетную пожарную нагрузку п. 2.3:

$$0,64 - qH^2 = 0,64 \cdot 343,1 \cdot 3^2 = 1976 \text{ МДж}.$$

Количество ПН по формуле (24) $Q = 3431 \text{ МДж}$ и превышает расчетную ПН, т. е. $3431 > 1976 \text{ МДж}$, следовательно, категория помещения комплектной кладовой в соответствии с требованиями п. 2.3 принимается В2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Безопасность жизнедеятельности: учеб. для вузов / под общ. ред. С.В. Белова. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.
- 2 Безопасность производственных процессов: справочник / под. общ. ред. С.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
- 3 **Долин, П.А.** Справочник по технике безопасности / П.А. Долин. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 824 с.
- 4 Общие правила пожарной безопасности Республики Беларусь для промышленных предприятий ППБ РБ 1.01–94. – Минск, 1995. – 80 с.
- 5 Пожарная профилактика в строительстве / Б.В. Грушевский [и др.]. – М.: Стройиздат, 1989. – 368 с.
- 6 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ. изд.: в 2 кн. / А. Н. Баратов [и др.]. – М.: Химия, 1990. – Кн. 1. – 496 с.; Кн. 2. – 384 с.
- 7 Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
- 8 СТБ 11.0.02–95. ССТБ. Пожарная безопасность. Общие термины и определения. Введ. 1995-10-01. – Минск: Республиканский научно-практический центр пожарной безопасности ГУВПС МВД Респ. Беларусь, 1995. – 20 с.
- 9 СНБ 2.04.02–2000. Строительная климатология. Введ. 2001-07-01. – Минск: Стройтехнорм, 2001. – 37 с.
- 10 СНБ 4.02.01–03. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Введ. 2005-01-01. – Минск: Стройтехнорм, 2005. – 78 с.
- 11 ТКП 474–2013 (02300). Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Введ. 2013-01-29. – Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 2013. – 51 с.
- 12 ТКП 45-2.02-92–2007 (02250). Ограничение распространения пожара в зданиях и сооружениях. Объемно-планировочные и конструктивные решения. Строительные нормы проектирования. Введ. 2008-07-01. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2008. – 46 с.
- 13 ТКП 45-2.02-242 2011 (02250). Ограничение распространения пожара. Противопожарная защита населенных пунктов и территорий предприятий. Строительные нормы проектирования. Введ. 2012-01-01. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2012. – 32 с.
- 14 ТКП 2.02-142–2011 (02250). Здания, строительные конструкции, материалы и изделия. Пожарно-техническая классификация. Введ. 2011-06-14. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2011. – 25 с.
- 15 **Шатило, С.Н.** Пожарная безопасность на железнодорожном транспорте: учеб.-метод. пособие / С.Н. Шатило, С.В. Дорошко, А.А. Еж; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 344 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Основные положения	3
1.1 Общие сведения.....	3
1.2 Требования безопасности при выполнении лабораторной работы.....	5
1.3 Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов.....	5
1.4 Оценка пожарной опасности различных веществ и материалов.....	9
1.5 Методы расчета температуры вспышки и воспламенения горючих жидкостей.....	12
2 Оценка и классификация производств и объектов по взрывопожарной и пожарной опасности	16
2.1 Категорирование производств и объектов по взрывопожарной и пожарной опасности.....	16
2.2 Определение взрывопожароопасных категорий помещений.....	18
2.3 Определение пожароопасных категорий В1–В4 помещений.....	22
2.4 Определение категорий зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.....	25
3 Классификация взрыво- и пожароопасных зон производственных объектов	26
3.1 Взрывоопасные зоны.....	26
3.2 Пожароопасные зоны.....	28
4 Порядок выполнения лабораторной работы	28
4.1 Определение температуры вспышки горючих жидкостей в закрытом тигле.....	29
4.2 Определение температуры воспламенения горючих жидкостей в открытом тигле.....	32
4.3 Определение категорий производственных объектов по взрывопожарной и пожарной опасности.....	34
Приложение А Показатели пожарной опасности индивидуальных веществ и смесей	36
Приложение Б Показатели, необходимые для расчета пожарной нагрузки	42
Приложение В Концентрация некоторых газов и паров с наибольшей опасностью воспламенения	44
Приложение Г Примеры определения категорий производственных помещений и объектов по взрывопожарной и пожарной опасности	45
Список литературы	47

Учебное издание

ШАТИЛО Сергей Николаевич
ДОРОШКО Сергей Владимирович
КАРПЕНКО Валерий Владимирович

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторной работы

Редактор Н. Г. Ш е м е т к о в а
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а
Компьютерный набор и верстка – Н. А. Ч е р н ы ш о в а

Подписано в печать 30.05.2014 г. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,83. Тираж 550 экз.
Зак. № Изд. № 22

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:
ЛИ № 02330 / 0552508 от 09.07.2009 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 2 / 104, от 01.04.2014 г.
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.