

Лабораторная работа № 14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ ПАРОВ ОГНЕОПАСНЫХ ЖИДКОСТЕЙ И КАТЕГОРИИ ПОМЕЩЕНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Цель работы: определить температуру вспышки огнеопасных жидкостей, полученные данные использовать для классификации этих жидкостей по разряду опасности; научиться определять категорию помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, основные требования к конструкциям зданий и расположению их на территории предприятия.

Приборы и оборудование: установки ПВНЭ, ТВО.

1. Общие положения

1.1. Пожаровзрывоопасные показатели веществ и материалов

Большинство промышленных предприятий отличаются повышенной пожарной опасностью, так как их характеризуют сложность производственных процессов и установок, наличие значительного количества огнеопасных жидкостей, горючих газов, твердых сгораемых материалов, большого количества емкостей и аппаратов, в которых находятся пожароопасные продукты под давлением, разветвленной сети трубопроводов с запорно-пусковой и регулирующей арматурой, большого количества электроустановок.

При оценке пожарной опасности того или иного технологического процесса необходимо знать, какие огнеопасные вещества или смеси используются, получают или могут образовываться в процессе производства. Более высокую категорию пожарной опасности имеют предприятия с наличием веществ, способных образовывать взрывоопасные смеси с воздухом (горючие газы, легко воспламеняющиеся жидкости, пылевидные горючие материалы).

Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов определяют:

- с целью получения исходных данных для задач математического моделирования пожара, для разработки систем противопожарной защиты, предотвращения пожара и взрыва;
- при классификации опасных грузов;
- для выбора категории помещений, зданий и сооружений, а также наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности;
- для подтверждения соответствия веществ и материалов требованиям пожарной безопасности, их классификации и установления областей применения;
- для включения в техническую и сопроводительную документацию.

Согласно ГОСТ 12.1.044-2018 ССБТ «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения», пожаровзрывоопасность веществ и материалов определяется показателями, выбор которых зависит от агрегатного состояния вещества (материала) и условий его применения.

При определении пожаровзрывоопасности веществ и материалов различают:

- **газы** – вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 25°C и давлении 101,3 кПа превышает 101,3 кПа;

- **жидкости** – вещества, давление насыщенных паров которых при температуре 25°C и давлении 101,3 кПа меньше 101,3 кПа. К жидкостям относят также твердые плавящиеся вещества, температура плавления или каплепадения которых меньше 50°C;

- **твердые вещества и материалы** – индивидуальные вещества и их смеси с температурой плавления или каплепадения больше 50°C, а также вещества, не имеющие температуру плавления (например, древесина, ткани и т. п.);

- **пыли** – диспергированные твердые вещества и материалы с размером частиц менее 850 мкм.

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов – совокупность свойств, характеризующих способность к возникновению и распространению горения.

Следствием горения в зависимости от его скорости и условий протекания могут быть пожар (диффузионное горение) или взрыв (дефлаграционное горение предварительно перемешанной смеси горючего с окислителем).

Показатели разбиты на три группы:

1 группа – показатели, характеризующие вещество (материал) как обладателя определенных индивидуальных пожаро- и взрывоопасных свойств;

2 группа – показатели (критерии), характеризующие условия распространения пожара и его последствия;

3 группа – показатели (критерии), необходимые для разработки мероприятий, которые направлены на выбор и обоснование организационно-технических и инженерных решений по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности изделий, зданий, технологических процессов и объектов.

Показатели, необходимые и достаточные для характеристики пожаровзрывоопасности веществ и материалов в условиях производства, переработки, транспортирования и хранения, определяет разработчик системы обеспечения пожаровзрывобезопасности объекта или разработчик стандарта и технической документации на вещество (материал).

Первая группа показателей (табл. 14.1) необходима:

при категорировании наружных установок по взрывопожарной опасности;

при категорировании пожарной опасности помещений;

при классификации и определении области применения веществ и материалов:

при математическом моделировании пожара в здании (сооружении).

Таблица 14.1

Показатели, характеризующие вещество (материал) как обладателя определенных индивидуальных пожаро- и взрывоопасных свойств

Показатели пожарной опасности	Единица измерения	Вещества и материалы в различном агрегатном состоянии			пыли
		газы	жидкости	твердые	
Группа горючести		+	+	+	+
Максимальное давление взрыва	Па	+	+	—	+
Максимальная скорость нарастания давления взрыва	Па/с	+	+	—	+
Линейная скорость распространения пламени	м/с	—	—	+	—
Нормальная скорость распространения пламени	м/с	+	+	—	+
Температура воспламенения	°С	—	+	+	+
Температура вспышки	°С	—	+	—	—
Температура самовоспламенения	°С	+	+	+	+
Температура тления	°С	—	—	+	+
Температурные пределы распространения пламени (воспламенения)	°С	—	+	—	—
Теплота сгорания	МДж/кг	+	+	+	+
Коэффициент дымообразования	м ² /кг	—	—	+	—
Показатель токсичности продуктов горения полимерных материалов		—	—	+	—

Примечания:

1. Знак «+» обозначает применяемость, знак «—» — неприменяемость показателя.
2. Кроме указанных показателей, допускается использовать другие, более детально характеризующие пожаровзрывоопасность веществ и материалов.
3. Температура вспышки может определяться для твердых веществ, которые по условиям технологии обращаются нагретыми до расплавленного или разжиженного состояния.
4. Значения теплоты сгорания могут быть получены экспериментальными либо расчетными методами, изложенными в национальных и международных стандартах, а также из официально опубликованных справочных данных.

Группа горючести — классификационная характеристика способности веществ и материалов к горению. Этот показатель применим для всех агрегатных состояний.

По горючести вещества и материалы подразделяют на три группы:

— **негорючие (несгораемые)** — вещества и материалы, не способные к горению в воздухе. Негорючие вещества могут быть пожаровзрывоопасными (например, окислители или вещества, выделяющие горючие продукты при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом);

— **трудногорючие (трудносгораемые)** — вещества и материалы, способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после его удаления;

– **горючие (сгораемые)** – вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться при воздействии источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

На практике группу горючести используют для подразделения материалов по горючести, при установлении классов взрывоопасных и пожароопасных зон по ПУЭ, определении категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, разработке мероприятий для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности оборудования и помещений.

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

Максимальная скорость нарастания давления взрыва – производная давления взрыва при дефлаграционном горении (дефлаграции) на восходящем участке зависимости давления взрыва горючей смеси в замкнутом сосуде от времени.

Линейная скорость распространения пламени – расстояние, пройденное фронтом пламени в единицу времени. Это физическая величина, характеризующая поступательным линейным движением фронта пламени в заданном направлении в единицу времени.

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

Температура воспламенения – наименьшая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается воспламенение.

Воспламенение – пламенное горение вещества, инициированное источником зажигания и продолжающееся после его удаления.

Значение температуры воспламенения применяется при определении группы горючести вещества, оценке пожарной опасности оборудования и технологических процессов, связанных с переработкой горючих веществ, при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Температура вспышки – наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания; устойчивое горение при этом не возникает.

Вспышка – быстрое сгорание газопаровоздушной смеси над поверхностью горючего вещества, сопровождающееся кратковременным видимым свечением.

Значение температуры вспышки применяется для характеристики пожарной опасности жидкости, при определении категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, разработке мероприятий по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности оборудования и помещений.

В зависимости от численного значения температуры вспышки жидкости подразделяются на **легковоспламеняющиеся (ЛВЖ)** и **горючие (ГЖ)**. К **легковоспламеняющимся жидкостям** относятся жидкости с температурой вспыш-

ки не более 61°C в закрытом тигле или 66°C в открытом тигле. Для ЛВЖ температура воспламенения обычно на 1–5°C выше температуры вспышки, а для горючих жидкостей эта разница может достигать 30–35°C.

Температура самовоспламенения – наименьшая температура окружающей среды, при которой в условиях специальных испытаний наблюдается самовоспламенение вещества.

Самовоспламенение – резкое увеличение скорости экзотермических объемных реакций, сопровождающихся резким увеличением температуры вещества на 50°C и выше (по отношению к температуре окружающей атмосферы), и/или пламенным горением, и/или взрывом.

Значение температуры самовоспламенения применяется при определении группы взрывоопасной смеси для выбора типа взрывозащищенного электрооборудования, при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов.

Температура тления – наименьшая температура окружающей среды, при которой в условиях специальных испытаний наблюдается тление вещества.

Тление – беспламенное горение твердого вещества (материала), переходящее в видимое, в том числе пламенное горение при обдуве вещества потоком воздуха.

Значение температуры тления применяется при экспертизах причин пожаров, выборе взрывозащищенного электрооборудования и разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологических процессов, оценке пожарной опасности полимерных материалов и разработке рецептур материалов, не склонных к тлению.

Температурные пределы распространения пламени – такие температуры вещества, при которых его насыщенный пар образует в окислительной среде концентрации, равные соответственно нижнему (нижний температурный предел НТПРП) и верхнему (верхний температурный предел ВТПРП) концентрационным пределам распространения пламени.

Значения температурных пределов применяются при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности объекта, при расчете пожаровзрывобезопасных температурных режимов работы технологического оборудования, оценке аварийных ситуаций, связанных с разливом горючих жидкостей.

Теплота сгорания – количество тепла, выделившееся при полном сгорании единицы массы материала в среде кислорода.

Коэффициент дымообразования – показатель, характеризующий оптическую плотность дыма, образующегося при пламенном горении или термоокислительной деструкции (тлении) определенного количества твердого вещества (материала) в условиях специальных испытаний.

Значение коэффициента дымообразования применяется для классификации материалов по дымообразующей способности.

Показатель токсичности продуктов горения полимерных материалов – отношение количества материала к единице объема замкнутого пространства, в котором образующиеся при горении материала продукты горения вызывают определенный токсический эффект: гибель 50% подопытных животных.

Токсичность – свойство химического вещества (продуктов горения) оказывать вредное действие на живой организм и вызывать отравление с возможным летальным исходом.

Вторая группа показателей (табл. 14.2) (совместно с первой группой) необходима:

для классификации веществ и материалов;

для определения вероятности воздействия опасных факторов пожара:

для определения вероятности возникновения пожара, взрыва в здании, на объектах и наружных установках.

Таблица 14.2

Показатели (критерии), характеризующие условия распространения пожара и его последствия (вторая группа)

Показатели пожарной опасности	Единица измерения	Вещества и материалы в различном агрегатном состоянии			пыли
		газы	жидкости	твердые	
Излучающая способность пламени		—	+	+	—
Индекс взрывопожароопасности	Па · м/с	—	—	—	+
Индекс распространения пламени		—	—	+	—
Кислородный индекс	% об.	—	—	+	—
Максимальная скорость распространения пламени вдоль поверхности горючей жидкости	м/с	—	+	—	—
Концентрационный предел диффузионного горения газовых смесей в воздухе	% об.	+	+	—	—
Предельная скорость срыва диффузионного факела	м/с	+	+	—	—
Способность к экзотермическому разложению		+	+	+	+
Удельная массовая скорость выгорания	кг/(м ² · с)	—	+	+	—

Примечания:

1. Знак «+» обозначает применяемость, знак «—» — неприменяемость показателя.

2. Кроме указанных, допускается использовать другие показатели, более детально характеризующие пожаровзрывоопасность веществ и материалов.

Излучающая способность пламени — плотность теплового потока очага пожара непосредственно на поверхности пламени при горении материала при пожаре или в условиях специальных испытаний.

Индекс взрывопожароопасности — произведение максимальной скорости нарастания давления взрыва аэровзвеси и характерного размера данного сосуда.

Индекс распространения пламени — условный безразмерный показатель, характеризующий способность веществ воспламеняться, распространять пламя по поверхности и выделять тепло.

Кислородный индекс – минимальное содержание кислорода в кислородно-азотной смеси, при котором возможно свечеообразное горение материала в условиях специальных испытаний.

Концентрационный предел диффузионного горения газовых смесей в воздухе (ПДГ) – предельная концентрация горючего газа в смеси с разбавителем, при которой данная газовая смесь при истечении в атмосферу неспособна к диффузионному горению.

Удельная массовая скорость выгорания – количество жидкости или твердого вещества (материала), сгорающего в единицу времени с единицы площади.

Удельная массовая скорость выгорания характеризует интенсивность горения жидкости или твердого тела.

Третья группа показателей (табл. 14.3) необходима для разработки мероприятий, которые направлены на выбор и обоснование организационно-технических и инженерных решений по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности изделий, зданий, технологических процессов и объектов.

Таблица 14.3

Показатели (критерии), необходимые для разработки мероприятий, которые направлены на выбор и обоснование организационно-технических и инженерных решений по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности изделий, зданий, технологических процессов и объектов (третья группа)

Показатели пожарной опасности	Единица измерения	Вещества и материалы в различном агрегатном состоянии			пыли
		газы	жидкости	твердые	
1	2	3	4	5	6
Минимальная флегматизирующая концентрация газообразного флегматизатора	% об.	+	+	–	+
Минимальная энергия зажигания	Дж	+	+	–	+
Минимальное взрывоопасное содержание кислорода	% об.	+	+	–	+
Коэффициент дымообразования	м ² /кг	–	–	+	–
Показатель токсичности продуктов горения	г/м ³	–	–	+	–
Безопасный экспериментальный максимальный зазор	мм	+	+	–	+
Выделение токсичных продуктов горения с единицы массы горючего	кг/кг		+	+	
Концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения) в газах и парах, в пыли	% об., кг/м ³	+	+	–	+
Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами		+	+	+	+
Способность к воспламенению при адиабатическом сжатии		+	+	–	–

Таблица 14.3

1	2	3	4	5	6
Способность к самовозгоранию		–	–	+	+
Потребление кислорода на единицу массы горючего	кг/кг	–	+	+	–
Скорость нарастания давления взрыва	Па/с	+	+	–	+
Индекс взрывопожароопасности	Па · м/с	–	–	–	+

Минимальная флегматизирующая концентрация газообразного флегматизатора – наименьшая концентрация флегматизатора в смеси с горючим и окислителем, при которой смесь становится неспособной к распространению пламени при любом соотношении горючего и окислителя.

Минимальная энергия зажигания – наименьшая энергия электрического разряда, способная воспламенить наиболее легко воспламеняющуюся смесь горючего вещества с воздухом.

Минимальное взрывоопасное содержание кислорода – такая концентрация кислорода в горючей смеси, состоящей из горючего вещества, воздуха и флегматизатора, меньше которой распространение пламени в смеси становится невозможным при любой концентрации горючего в смеси, разбавленной данным флегматизатором.

Безопасный экспериментальный максимальный зазор (БЭМЗ) – экспериментальный максимальный зазор, через который не происходит передача взрыва из оболочки в окружающую среду при любой концентрации горючего в воздухе.

Концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения) в газах и парах, в пылях – интервал концентраций, в котором возможно горение смесей горючих паров и газов с окислителем.

Нижний (верхний) концентрационный предел распространения пламени (НКПРП и ВКПРП) – минимальное (максимальное) содержание горючего в смеси горючее вещество – окислительная среда, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания. Внутри этих пределов смесь горюча, а вне их – смесь гореть неспособна.

Значения концентрационных пределов применяются при определении категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, расчете взрывобезопасных концентраций газов, паров и пылей внутри технологического оборудования и трубопроводов, проектировании вентиляционных систем, а также при расчете предельно допустимых взрывобезопасных концентраций газов, паров и пылей в воздухе рабочей зоны с потенциальными источниками зажигания, разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта.

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

Способность к самовозгоранию – резкое увеличение скорости экзотерми-

ческих процессов в веществе, приводящее к возникновению очага горения.

Скорость нарастания давления взрыва – производная давления взрыва при дефлаграционном горении (дефлаграции) на восходящем участке зависимости давления взрыва горючей смеси в замкнутом сосуде от времени.

1.2. Горение жидкостей. Классификация жидкостей в зависимости от температуры вспышки

Предприятия, на которых перерабатываются или используются горючие жидкости, представляют собой большую пожарную опасность. Это объясняется тем, что горючие жидкости легко воспламеняются, интенсивно горят, образуют взрывоопасные паровоздушные смеси и плохо поддаются тушению водой.

Горение жидкостей происходит только в паровой фазе. Скорость испарения и количество паров жидкости зависят от ее природы и температуры. Количество насыщенных паров над поверхностью жидкости зависит от ее температуры и атмосферного давления. В состоянии насыщения число испаряющихся молекул равно числу конденсирующихся, и концентрация пара остается постоянной. Горение паровоздушных смесей возможно только в определенном диапазоне концентраций, т. е. они характеризуются концентрационными пределами распространения пламени (НКПРП и ВКПРП).

Процесс воспламенения и горения жидкостей можно представить следующим образом. Для воспламенения необходимо, чтобы жидкость была нагрета до определенной температуры (не меньше НТПРП). После воспламенения скорость испарения должна быть достаточной для поддержания постоянного горения. Эти особенности горения жидкостей характеризуются температурами вспышки и воспламенения. Температура вспышки соответствует нижнему температурному пределу воспламенения.

В зависимости от численного значения температуры вспышки жидкости подразделяются на легковоспламеняющиеся (ЛВЖ) и горючие (ГЖ).

К **легковоспламеняющимся жидкостям** относятся жидкости с температурой вспышки не более 61°C в закрытом тигле или 66°C в открытом тигле. Для ЛВЖ температура воспламенения обычно на 1–5°C выше температуры вспышки, а для горючих жидкостей эта разница может достигать 30–35°C.

В зависимости от температуры вспышки ЛВЖ подразделяются на три ряда.

Особо опасные ЛВЖ – с температурой вспышки от –18°C и ниже в закрытом тигле или от –13°C и ниже в открытом тигле. К особо опасным ЛВЖ относятся ацетон, диэтиловый спирт, изопентан и др.

Постоянно опасные ЛВЖ – это горючие жидкости с температурой вспышки от –18°C до +23°C в закрытом тигле или от –13°C до +27°C в открытом тигле. К ним относятся бензил, толуол, этиловый спирт, этилацетат и др.

Опасные при повышенной температуре ЛВЖ – это горючие жидкости с температурой вспышки от 23°C до 61°C в закрытом тигле. К ним относятся хлорбензол, скипидар, уайт-спирит и др.

Температура вспышки жидкостей, принадлежащих к одному классу (жид-

кие углеводороды, спирты и др.), закономерно изменяется в гомологическом ряду, повышаясь с увеличением молекулярной массы, температуры кипения и плотности. Температуру вспышки определяют экспериментальным и расчетным путем.

Экспериментально температуру вспышки определяют в приборах закрытого и открытого типа:

– в закрытом тигле на приборе Пенски-Мартенса по методике, изложенной в ГОСТ 12.1.044-2018, – для нефтепродуктов;

– в открытом тигле по Кливленду по методике, приведенной в ГОСТ 12.1.044-2018, – для химических органических продуктов и для нефтепродуктов и масел.

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

Ориентировочно расчет температуры вспышки производится по правилу Орманда и Гровена:

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{кип}} \cdot m, \quad (14.1)$$

где $T_{\text{всп}}$ – температура вспышки, К; $T_{\text{кип}}$ – температура кипения, К; m – коэффициент, равный 0,736.

Температура кипения некоторых жидкостей, которые используются в лабораторной работе для определения температуры вспышки, дана в табл. 14.4.

Таблица 14.4

Температура кипения жидкостей

Наименование жидкости	Температура кипения, °С
Скипидар:	
живичный	153–180
экстракционный	150–220
сухоперегонный ретортный очищенный	150–225
Дизельное топливо	270–400
Керосин	150–300
Топливо для реактивных двигателей	150–225
Масла:	
трансформаторное	385–450
веретенное	380–480
автомобильное	390–460
индустриальное	350–390
вазелиновое	400–480
Масло ПН-6	350–500

Пример. Рассчитать температуру вспышки керосина. Температура кипения керосина составляет 150°C.

$$(T_{\text{кип}} = 273 + 150 = 423 \text{ К}).$$

$$T_{\text{всп}} = 423 \cdot 0,736 = 311 \text{ К}, \text{ или } T_{\text{всп}} = 311 - 273 = 38^\circ\text{C}.$$

Более точно температуру вспышки $T_{\text{всп}}$, К, рассчитывают по следующей формуле:

$$T_{\text{всп}} = \frac{A}{P_{\text{всп}}} D_0 \cdot \beta, \quad (14.2)$$

где A – константа метода определения (рекомендуется при расчете температуры вспышки в закрытом тигле принимать $A = 3000$; в открытом тигле $A = 3400$); $P_{\text{всп}}$ – парциальное давление пара горючего вещества при температуре вспышки, Па; D_0 – коэффициент диффузии паров в воздухе при 0°C и 101 кПа; β – стехиометрический коэффициент, равный числу молей кислорода, приходящихся на 1 моль горючего вещества при его полном сгорании.

Температуру вспышки жидкостей в закрытом тигле $T_{\text{всп}}$, $^\circ\text{C}$, имеющих нижеперечисленные виды связей (табл. 4.3), вычисляют по формуле

$$T_{\text{всп}} = a_0 + a_1 \cdot T_{\text{кип}} + \sum_{i=2}^n a_j \cdot l_j, \quad (14.3)$$

где a_0 – размерный коэффициент, равный $-73,14^\circ\text{C}$; a_1 – безразмерный коэффициент, равный 0,659; $T_{\text{кип}}$ – температура кипения исследуемой жидкости, $^\circ\text{C}$; a_j – эмпирические коэффициенты, приведены в табл. 14.5; l_j – количество связей вида j в молекуле исследуемой жидкости.

Средняя квадратическая погрешность расчета δ по формуле (14.3) составляет 13°C .

Для нижеперечисленных классов веществ температуру вспышки вычисляют по формуле

$$T_{\text{всп}} = a + b \cdot T_{\text{кип}}, \quad (14.4)$$

где a , b – эмпирические коэффициенты, приведенные в табл. 14.6 вместе со средними погрешностями расчета δ .

Таблица 14.5

Эмпирические коэффициенты a_j

Вид связи	a_j , $^\circ\text{C}$	Вид связи	a_j , $^\circ\text{C}$
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	11,66	N – H	5,83
C – N	14,15	O – H	23,90
C $\equiv$ N	12,13	S – H	5,64
C – S	12,09	P – O	3,27
C = S	–11,91	P = O	9,64
C – F	3,33		

Эмпирические коэффициенты a и b

Класс вещества	Коэффициенты		$\delta, ^\circ\text{C}$
	$a, ^\circ\text{C}$	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

1.3. Классификация помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности осуществляется в соответствии с ТКП 474-2013 «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» в зависимости от количества и взрывопожароопасных свойств находящихся (обращающихся) в них веществ и материалов с учетом особенностей технологических процессов размещенных в них производств.

Категории помещений, зданий и наружных установок применяются для установления нормативных требований по обеспечению взрывопожарной и пожарной безопасности указанных помещений, зданий и наружных установок в отношении планировки застройки, этажности и площадей пожарных отсеков, размещения помещений, обеспечения эвакуации людей, конструктивных решений, инженерного оборудования. Мероприятия по обеспечению безопасности людей разрабатываются в зависимости от пожаровзрывоопасных свойств и количества веществ и материалов.

По взрывопожарной и пожарной опасности *помещения* подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г1, Г2, Д, а *здания* – на категории А, Б, В, Г и Д.

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

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с табл. 14.7.

Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки их принадлежности к категориям, приведенным в табл. 14.7, от высшей (А) к низшей (Д).

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°C 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°C, горючие жидкости (далее – ГЖ) в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1–В4 (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

Примечания

1. Разделение помещений на категории В1–В4 осуществляется согласно описанию на стр. 18.

2. К категории В4 допускается относить помещения (без проведения соответствующего расчета), в которых находятся:

горючие и трудногорючие жидкости с температурой вспышки 120°C и выше в системах смазки, охлаждения и гидропривода оборудования массой менее 60 кг на единицу оборудования при давлении в системе менее 0,2 МПа, при этом расстояние между оборудованием не нормируется;

трудногорючие вещества и материалы, строительные материалы группы горючести Г1 в качестве временной пожарной нагрузки. Масса трудногорючих веществ и материалов, строительных материалов группы горючести Г1 не ограничивается при условии отсутствия в помещении иных горючих веществ и материалов. При наличии в помещении горючих веществ и материалов расчет производится с учетом полной массы трудногорючих веществ и материалов, строительных материалов группы горючести Г1;

электрические кабели для запитки технологического и инженерного оборудования, приборов освещения (за исключением маслonaполненных), при этом указанное положение не распространяется на серверные, помещения АТС и аналогичные;

ГГ (при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, согласно расчету не относятся к категории А и отсутствует иная пожарная нагрузка);

негорючие грузы в горючей упаковке, при этом:

средства пакетирования (поддоны, подкладной лист и др.) по ГОСТ 21391 не относятся к горючей упаковке и при наличии в их составе горючих веществ и материалов учитываются в качестве временной пожарной нагрузки;

горючая упаковка, масса которой превышает 20 % массы негорючих грузов, учитывается в качестве временной пожарной нагрузки;

горючая подстилка на полу в помещениях для содержания животных, птиц и зверей в животноводческих, птицеводческих и звероводческих зданиях, при условии, что величина удельной временной пожарной нагрузки не превышает 100 МДж/м² (независимо от общей пожарной нагрузки в помещении);

при отсутствии справочных или паспортных данных о негорючести растворов, содержащих ЛВЖ и ГЖ, их негорючесть должна быть подтверждена результатами испытаний.

3. К категории Д допускается относить помещения (без проведения соответствующего расчета), в которых находятся:

предметы мебели на рабочих местах;

помещения особо сырые;

цеха обработки зелени, молочные, овощные (фруктовые, ягодные), мясные и рыбные цеха с наличием моечного оборудования;

холодильники и холодильные камеры с негорючим хладагентом и температурой среды, не превышающей 0°C.

4. Категории кладовых и складских помещений со свободным объемом свыше 20 м³, предназначенных для хранения муки, круп в потребительской упаковке массой нетто не более 2 кг (транспортной упаковке не более 12 кг) с высотой хранения не более 4 метров, допускается определять без проведения расчета избыточного давления взрыва (за исключением помещений, в которых загрузка и выгрузка выше указанных веществ осуществляется при помощи пневмотранспорта, конвейерами, автоматизированными линиями).

Определение взрывопожароопасной категории помещения

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

1) свойства веществ должны соответствовать требованиям согласно табл. 14.7;

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

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

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) = \frac{m \cdot Z}{V_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{Г,П}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}}, \quad (14.5)$$

где $P_{\max}$ – максимальное давление взрыва стехиометрической газовойоздушной или паровойоздушной 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 помещение, вычисляется для ГГ по формуле (14.6), а для паров ЛВЖ и ГЖ по формуле (14.11), кг; Z – коэффициент участия горючего во взрыве, рассчитанный на основе характера распределения газов и паров в объе-

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

ме помещения, определяется по табл. 14.8; $V_{\text{св}}$ – свободный объем помещения, м^3 ; $\rho_{\text{г,п}}$ – плотность газа или пара при расчетной температуре $t_{\text{р}}$, $\text{кг}/\text{м}^3$, вычисляемая по формуле (14.13); $C_{\text{ст}}$ – стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, % (об.), вычисляемая по формуле (14.14); $K_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать $K_{\text{н}}$ равным 3.

Таблица 14.8

Коэффициент участия горючего во взрыве

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

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

Происходит расчетная авария одного из аппаратов. В качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором во взрыве участвует наибольшее количество веществ или материалов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва.

Все содержимое аппарата поступает в помещение.

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

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

Под *временем отключения (временем срабатывания)* и следует принимать промежуток времени от начала возможного поступления горючего вещества из трубопровода (перфорация, разрыв, изменение номинального давления и т. п.) до полного прекращения поступления газа или жидкости в помещение.

Расчетное время отключения трубопроводов следует принимать равным:

времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным, если вероятность отказа системы автоматики не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование его элементов;

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

300 с – при ручном отключении.

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

Свободный объем помещения следует принимать равным разности между геометрическим объемом и объемом оборудования или предметов, находящихся внутри. Если свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать равным 80% геометрического объема помещения.

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

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_{г,п}, \quad (14.6)$$

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

При этом

$$V_a = 0,01 \cdot P_1 \cdot V, \quad (14.7)$$

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

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (14.8)$$

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 .

$$V_{1T} = q \cdot t_1, \quad (14.9)$$

где q – расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и других параметров, $\text{м}^3/\text{с}$; t_1 – расчетное время отключения трубопровода, с.

$$V_{2T} = 0,01 \cdot \pi \cdot P_2(r_1^2 \cdot L_1 + r_2^2 \cdot L_2 + \dots + r_n^2 \cdot L_n), \quad (14.10)$$

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 ЛВЖ и ГЖ, которые могут образовать взрывоопасные паровоздушные смеси, определяется исходя из следующих предпосылок:

происходит расчетная авария одного из аппаратов, единичной емкости;

все содержимое аппарата поступает в помещение;

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

Определение расчетное время отключения трубопроводов описано выше.

Свободный объем помещения следует принимать равным разности между геометрическим объемом и объемом оборудования или предметов, находящихся внутри. Если свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать равным 80% геометрического объема помещения.

Происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости. Площадь разлива при наличии устройств ограничения растекания равна площади в пре-

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

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

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

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

$$m = m_p + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр}}, \quad (14.11)$$

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 (14.11) определяется по формуле

$$m = W \cdot F_{\text{и}} \cdot t, \quad (14.12)$$

где W – интенсивность испарения, кг/(с · м²) (определяется по справочным и экспериментальным данным); $F_{\text{и}}$ – площадь испарения, м²; t – время испарения, с.

$$\rho_{\text{г,п}} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)}, \quad (14.13)$$

где M – молярная масса, кг/кмоль; V_0 – молярный объем, равный 22,413 м³/кмоль; t_p – расчетная температура, °С. В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в аварийной ситуации. Если такого значения расчетной температуры t_p по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61°С.

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \quad (14.14)$$

где $\beta = n_{\text{C}} + \frac{n_{\text{H}} - n_{\text{X}}}{4} - \frac{n_{\text{O}}}{2}$ – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания; n_{C} , n_{H} , n_{O} , n_{X} – число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горю-

чего вещества.

Расчет ΔP для веществ, кроме упомянутых в формуле (14.5), а также для смесей может быть выполнен по формуле

$$\Delta P = \frac{m \cdot H \cdot P_0 \cdot Z}{V_{св} \cdot \rho_v \cdot C_v \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K_H}, \quad (14.15)$$

где H – теплота сгорания, Дж/кг; ρ_v – плотность воздуха до взрыва при начальной температуре T_0 , кг/м³; C_v – теплоемкость воздуха, Дж/кг · К (допускается принимать равной $1,01 \cdot 10^3$ Дж/кг · К); T_0 – начальная температура воздуха, К.

Определение пожароопасной категории помещения

Определение пожароопасной категории помещения В1–В4 осуществляется путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в табл. 14.9.

Таблица 14.9

Определение пожароопасной категории помещения В1–В4

Категория помещения	Удельная пожарная нагрузка g на участке, МДж/м ²
В1	Более 2200
В2	1400–2200
В3	200–1400
В4	100–200

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

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_{H_i}^P, \quad (14.16)$$

где G_i – количество i -го материала пожарной нагрузки, кг; $Q_{H_i}^P$ – низшая теплота сгорания i -го материала пожарной нагрузки, МДж/кг.

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

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (14.17)$$

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

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

в процессе аварии все содержимое аппарата, единичной емкости или тары поступает в помещение;

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

Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

После определения категории помещений (участков) можно оценить *категорию всего здания* по взрывопожарной и пожарной опасности.

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

процент площади помещений соответствующих категорий;

максимальную площадь помещений соответствующих категорий;

оборудование помещений автоматическими установками пожаротушения.

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

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

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

здание не относится к категории А;

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

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

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

здание не относится к категории А или Б;

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

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

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

здание не относится к категории А, Б или В;

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

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

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

или Г.

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

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

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

Противопожарные требования к зданиям и сооружениям установлены СН 2.02.05-2020 «Пожарная безопасность зданий и сооружений». В этих строительных нормах геометрические параметры проемов дверей, окон, люков, ширины и высоты путей эвакуации, проездов и проходов определяют в свету.

Противопожарные разрывы между производственными зданиями представлены в табл. 14.10.

Таблица 14.10

Противопожарные разрывы между производственными зданиями, м

Степень огнестойкости зданий	Разрыв, м, между зданиями в зависимости от категории и при степени их огнестойкости, не менее		
	I, II	III, IV	V
I, II	Не нормируется между зданиями категорий Г и Д; 9 – для остальных зданий	9	12
III, IV	9	12	15
V	12	15	18

Предельно допустимая площадь этажа в производственных зданиях (класс Ф5.1) в зависимости от степени огнестойкости, этажности и категории по взрывопожарной и пожарной опасности представлена в табл. 14.11.

Таблица 14.11

Предельно допустимая площадь этажа в производственных зданиях (класс Ф5.1)

Категория здания	Этажность	Площадь этажа, м ² , для зданий степени огнестойкости				
		I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6	7
А	6	4400	4000	—	—	—
	5	4800	4400	—	—	—
	4	5200	4800	—	—	—
	3	5600	5200	—	—	—
	2	6000	5600	3500	—	—
	1	Н.Н.	Н.Н.	5400	—	—

Таблица 14.11

1	2	3	4	5	6	7
Б	6	8600	8200	—	—	—
	5	9200	8800	—	—	—
	4	9800	9400	—	—	—
	3	10400	10000	—	—	—
	2	11200	10800	3500	—	—
	1	Н.Н.	Н.Н.	5200	—	—
В	8	14000	12000	—	—	—
	7	16000	14400	—	—	—
	6	18000	16800	—	—	—
	5	20000	19200	—	—	—
	4	22000	21600	5200	—	—
	3	25000	24000	8000	—	—
	2	30000	26600	10400	2000	600 ¹⁾
	1	Н.Н.	Н.Н.	25000	5200	1200 ¹⁾
Г	10	Н.Н.	Н.Н.	—	—	—
	9	Н.Н.	Н.Н.	—	—	—
	8	Н.Н.	Н.Н.	—	—	—
	7	Н.Н.	Н.Н.	—	—	—
	6	Н.Н.	Н.Н.	—	—	—
	5	Н.Н.	Н.Н.	7800	—	—
	4	Н.Н.	Н.Н.	8000	—	—
	3	Н.Н.	Н.Н.	9000	5200 ²⁾	—
	2	Н.Н.	Н.Н.	10400	6500	— ¹⁾
	1	Н.Н.	Н.Н.	Н.Н.	25000	— ¹⁾
Д	10	Н.Н.	Н.Н.	—	—	—
	9	Н.Н.	Н.Н.	—	—	—
	8	Н.Н.	Н.Н.	—	—	—
	7	Н.Н.	Н.Н.	—	—	—
	6	Н.Н.	Н.Н.	—	—	—
	5	Н.Н.	Н.Н.	10400	—	—
	4	Н.Н.	Н.Н.	15000	—	—
	3	Н.Н.	Н.Н.	20000	2600 ²⁾	—
	2	Н.Н.	Н.Н.	25000	7800	1500 ¹⁾
	1	Н.Н.	Н.Н.	Н.Н.	10400	2600 ¹⁾

¹⁾ Здания и сооружения с каркасом и ограждающими конструкциями из негорючих материалов, в том числе с утеплителем групп горючести не ниже Г2, следует проектировать:

категории В – высотой не более двух этажей, при этом площадь этажа в пределах пожарного отсека не должна превышать 10 400 м² для двухэтажных зданий (при оборудовании пожароопасных помещений двухэтажных зданий установками автоматического пожаротушения) и 25 000 м² – для одноэтажных зданий;

категории Г – высотой не более двух этажей, при этом площадь этажа в пределах пожарного отсека не должна превышать 10 400 м² для двухэтажных зданий и не нормируется — для одноэтажных зданий;

категории Д – высотой не более двух этажей, при этом площадь этажа в пределах пожарного отсека не должна превышать 25 000 м² для двухэтажных зданий и не нормируется — для одноэтажных зданий.

²⁾ При высоте здания не более 18 м.

Примечания

1. Суммарная площадь этажей, соединенных незащищенными проемами в перекрытиях, не должна превышать площадь этажа, указанную в настоящей таблице.
2. «Н.Н.» означает, что показатель не нормируется.

2. Экспериментальная часть

2.1. Меры безопасности при выполнении работы

1. Включение установки производить только с разрешения дежурного преподавателя.
2. При проведении испытания не допускается оставлять рабочее место без присмотра.
3. По окончании испытания: а) проконтролировать отключение электроэнергии, газа; б) привести рабочее место в порядок.

Перед началом работы необходимо выяснить у преподавателя, с помощью какого прибора будет выполняться работа!

2.2. Определение температуры вспышки в закрытом тигле

2.2.1. Описание установки ПВНЭ

Принципиальная схема установки ПВНЭ для определения температуры вспышки жидкостей в закрытом тигле приведена на рис. 14.1.

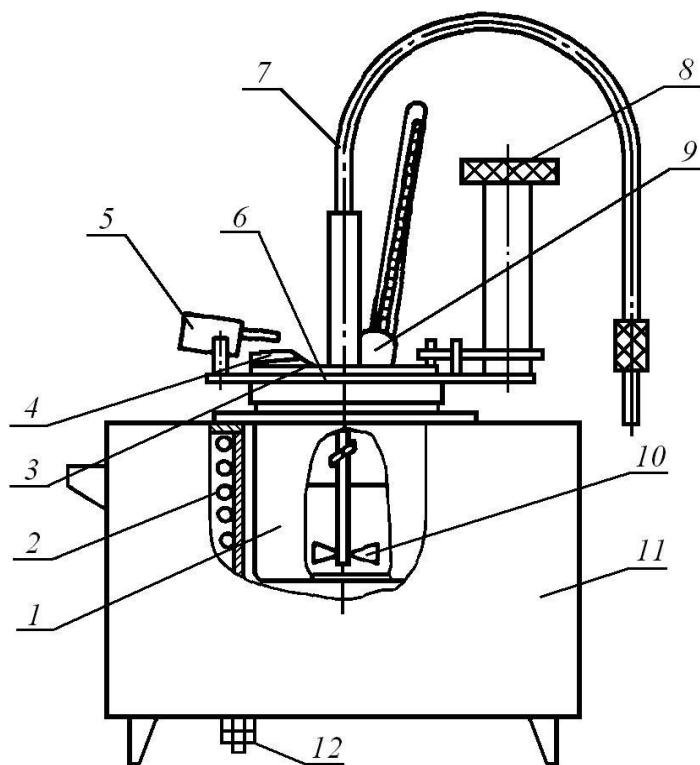


Рис. 14.1. Прибор ПВНЭ для определения температуры вспышки паров жидкости:

- 1 – латунный сосуд; 2 – электронагреватель; 3 – отверстие в крышке; 4 – зубец;
5 – зажимательное приспособление; 6 – крышка; 7 – гибкая передача;
8 – пружинный рычаг; 9 – отверстие для термометра; 10 – мешалка;
11 – нагревательная ванна; 12 – клемма для подключения заземления

Прибор ПВНЭ состоит из нагревательной ванны 11, латунного сосуда 1 для испытуемой жидкости, вставленного в ванну, зажигательного приспособления 5 и автотрансформатора. Нагревательная ванна представляет собой закрытый сосуд, обогреваемый электронагревателем 2. Внутри латунного сосуда имеется мешалка 10 с гибкой передачей 7. Сосуд плотно закрывается крышкой 6, имеющей отверстие для термометра 9. Отверстие для зажигания открывается при помощи пружинного рычага 8, который одновременно поворачивает горелку и направляет ее к середине отверстия в крышке 3, упирая зажигательное приспособление к зубцу 4. Снизу прибора имеется клемма 12 для подключения заземления.

2.2.2. Порядок выполнения работы

1. Уточнить у преподавателя наименование испытуемой жидкости.
2. Рассчитать температуру вспышки испытуемой жидкости по формуле (14.1).
3. Испытуемую жидкость налить в тигель до метки, не допуская смачивания стенок тигля выше указанной метки.
4. Охладить жидкость до температуры, которая не менее чем на 17°C ниже предполагаемой (расчетной) температуры вспышки.
5. Тигель закрыть крышкой, установить в нагревательную ванну и вставить термометр.
6. Зажечь газ в зажигательном приспособлении (*вместе с преподавателем!*). Для этого переключить клапан редуктора газового баллона в положение «Включено» (видна красная метка). Поднести пламя спички к соплу запальника газовой горелки и вентилем отрегулировать подачу газа так, чтобы форма пламени была близкой к шару диаметром 3–4 мм.
7. Перемешивание вести, обеспечивая частоту вращения мешалки от 1,5⁻¹ до 2⁻¹ с.
8. Испытания на вспышку проводить:
для продуктов с температурой вспышки до 50°C не более чем за 10°C до предполагаемой температуры;
свыше 50°C – не более чем за 17°C до предполагаемой температуры вспышки.

Испытания на вспышку проводить при повышении температуры на 1°C для продуктов с $T_{всп}$ до 104°C и на каждые 2°C для продуктов с температурой вспышки выше 104°C.

В момент испытания на вспышку перемешивание прекратить и привести в действие расположенный на крышке механизм 8, который открывает заслонку и опускает пламя. Опустить пламя в паровое пространство за 0,5 с, оставить в самом нижнем положении на 1 с и поднять в верхнее положение.

За температуру вспышки каждого определения принимать показания термометра в момент четкого появления первого (синего для нефтепродуктов) пламени над поверхностью продукта внутри прибора. Появившаяся неясная вспышка должна быть подтверждена последующей вспышкой при повышении

температуры на 1 или 2°C. Если при этом вспышка не наблюдается, испытания повторяют. Допускаемые расхождения между параллельными определениями не должны превышать значений, представленных в табл. 14.12.

9. Вычислить температуру вспышки с поправкой на стандартное барометрическое давление 101,3 кПа алгебраическим сложением найденной температуры и поправки, определенной по формуле

$$\Delta T = 0,27 \cdot (101,3 - P), \quad (14.18)$$

где P – фактическое атмосферное давление, кПа.

Таблица 14.12

Допускаемые расхождения между параллельными определениями

Температура вспышки, °C	Допускаемые расхождения, °C
Для нефтепродуктов	
До 104	2
Свыше 104	6
Для химических органических продуктов	
До 50	2
Свыше 50	3

10. Составить таблицу наблюдений по форме табл. 14.13.

Таблица 14.13

Таблица наблюдений

Номер опыта	Наименование жидкости	Показания термометра	Показания барометра	Температура вспышки, °C	
				экспериментальная	расчетная

11. На основании полученных результатов определить и оформить выводом:

- а) разряд опасности легковоспламеняющейся жидкости (см. стр. 9);
- б) исходя из находящихся в помещении веществ и материалов (*считаем, что находимся в производственной лаборатории*) категорию помещения по взрывопожарной и пожарной опасности (используя табл. 14.7);
- в) определить категорию здания по взрывопожарной и пожарной опасности (*считаем, что все помещения в здании имеют одну категорию по взрывопожарной и пожарной опасности*).
- г) используя табл. 14.10 противопожарный разрыв между зданиями (*считаем, что все рядом стоящие здания имеют III степень огнестойкости*).
- д) используя табл. 14.11 допустимую площадь этажа здания.

2.3. Определение температуры вспышки в открытом тигле

2.3.1. Описание установки ТВО

Прибор ТВО для определения температуры вспышки и воспламенения в открытом тигле состоит из основания 1, на котором смонтированы блок управления 2 и термоблок 16 (рис. 14.2).

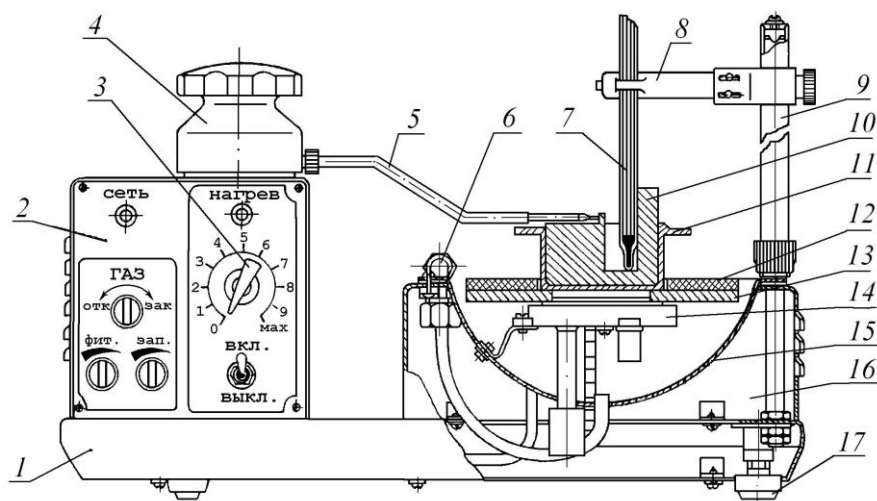


Рис. 14.2. Прибор ТВО для определения температуры вспышки в открытом тигле:
 1 – основание; 2 – блок управления; 3 – ручка регулировки нагрева; 4 – рукоятка поворота; 5 – газовое устройство; 6 – штуцер; 7 – термометр; 8 – зажим; 9 – стойка; 10 – шаблон; 11 – тигель; 12 – асбестовая прокладка; 13 – нагревательная пластина; 14 – нагревательный элемент; 15 – отражатель; 16 – термоблок; 17 – регулировочные ножки

На лицевой стороне панели блока управления установлены сигнальные лампы «Сеть», «Нагрев», ручки регулирования подачи газа, тумблер включения и выключения нагрева. Лампа «Сеть» загорается при включении тумблера в верхнее положение. Скорость нагрева исследуемой жидкости в тигле регулируется ручкой регулировки нагрева 3. Ручки «Газ», «Фитиль», «Запальник» служат соответственно для открытия (при повороте против часовой стрелки) или закрытия (при повороте по часовой стрелке) газа, регулировки величины пламени газового устройства и величины пламени запальников.

В верхней части блока управления установлена рукоятка поворота 4, которая позволяет подводить газовое устройство 5 к тиглю 11.

В корпус термоблока 16 вмонтирован отражатель 15 и нагревательный элемент 14, на который устанавливаются нагревательная пластина 13, асбестовая прокладка 12 и тигель 11.

К стойке 9 зажимом 8 крепится термометр 7. Шаблон 10 служит для установки уровня термометра в тигле и положения газового устройства. Штуцер 6 служит для подвода воздуха к тиглю для ускорения его охлаждения. Горизонтальность установки прибора проверяется по зеркалу жидкости в тигле и регулируется ножками 17.

2.3.2. Порядок выполнения работы

1. После предварительного расчета температуры вспышки для исследуемой жидкости определить скорость нагрева тигля в соответствии с Международным стандартом ИСО 2592-73. Для этого необходимо использовать график зависимости ориентировочного положения ручки регулятора нагрева от предполагаемой температуры вспышки (рис. 14.3).

2. Ознакомиться с устройством прибора ТВО.

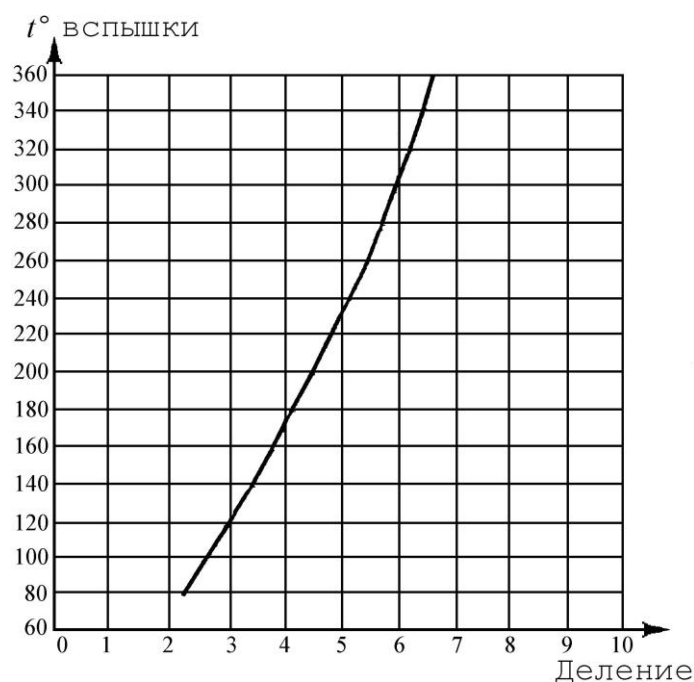


Рис. 14.3. График ориентировочного положения ручки регулятора нагрева в зависимости от предполагаемой температуры вспышки продукта при нормальном напряжении сети

3. Проверить наличие заземления прибора и герметичность газового штуцера.

4. Залить исследуемую жидкость в тигель 11 до риски и установить его на нагревательную пластину 13. Подвижную часть стойки 9 с термометром 7 вернуть в рабочее положение.

5. Проверить горизонтальность уровня исследуемой жидкости по риску внутри тигля. При необходимости отрегулировать его с помощью ножек 17.

6. Подключить прибор к электросети. Тумблер поставить в положение «Вкл.». Ручку 3 регулировки нагрева поставить в положение 1–9 в соответствии с графиком (рис. 14.3) или по заданию преподавателя.

7. Повернуть ручки газовых вентилей «Газ», «Фитиль» и «Запальник» до упора по часовой стрелке в положение «Закрыт».

8. Поднести открытое пламя к запальникам. Отрегулировать величину пламени запальников на длину 6–8 мм поворотом ручки «Запальник» против часовой стрелки. Рукояткой поворота 4 подвести сопло зажигательного устройства к любому запальнику. Повернуть ручку «Фитиль» против часовой стрелки. Отрегулировать пламя фитиля так, чтобы оно по форме было близко к шарику диаметром 3–4 мм.

9. По мере нагрева исследуемой жидкости, через каждые 5–10 $^{\circ}$ C, проводить пламя фитиля над тиглем. При появлении вспышки отвести пламя фитиля от тигля и тумблером отключить нагрев.

10. Охладить тигель путем обдува термоблока воздухом от воздуходувки через штуцер 6 до температуры на 20 $^{\circ}$ C ниже расчетной температуры вспышки и произвести повторное определение. Расхождение между двумя повторными определениями не должно превышать 4–6 $^{\circ}$ C в соответствии с табл. 14.12. За

температуру вспышки принимается среднее значение двух определений. Результаты измерений занести в табл. 14.13. Сделать расчеты и выводы согласно п. 11 подраздела 2.2.2.

Контрольные вопросы

1. Для каких целей определяют показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов?
2. Дайте определение агрегатного состояния веществ и материалов (газы, жидкости, пыли, твердые вещества) с точки зрения их пожаровзрывоопасности.
3. Что такое пожаровзрывоопасность веществ и материалов?
4. На какие группы разбиты показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов?
5. Приведите основные пожаровзрывоопасные показатели веществ и материалов. Дайте их определения.
6. Опишите механизм горения жидкостей.
7. Что такое нижние и верхние концентрационные и температурные пределы распространения пламени?
8. Дайте определение температуры вспышки и воспламенения.
9. Как подразделяются жидкости в зависимости от температуры вспышки?
10. Как можно рассчитать температуру вспышки жидкости?
11. Как производится категорирование помещений по взрывопожарной и пожарной опасности?
12. Дайте определение категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.
13. Как определить взрывопожароопасную категорию помещения?
14. Как определить расчетное избыточное давление взрыва горючих газов и паров жидкости?
15. Как произвести обоснование категорий помещения В1–В4 по удельной пожарной нагрузке?
16. Как определить категорию всего здания по взрывопожарной и пожарной опасности?

Литература

1. Пожарная безопасность зданий и сооружений = Пажарная бяспека будынкаў і збудаванняў: СН 2.02.05-2020. – Введ. 04.04.2021. – Минск: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2023. – 74 с.
2. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности = Категорирование памяшканняў, будынкаў і вонкавых устаноў па взрывопожарнай і пажарнай небяспекі: ТКП 474-2013 (02300). – Введ. 15.04.2013. – Минск: М-во по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 2013. – 58 с.
3. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения :

ГОСТ 12.1.044-2018. – Взамен ГОСТ 12.1.044-89 ; введ. 01.12.2019. – Минск: Гос. комитет по стандартизации Респ. Беларусь, 2018. – 222 с.

4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средств их тушения: справ. изд.: в 2 кн. / А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др. – М. : Химия, 1990. кн 1. – 496 с.; кн. 2. – 384 с.

5. Гармаза, А. К. Охрана труда: учеб. для студентов по специальностям «Лесное хозяйство», «Садово-парковое строительство», «Туризм и природопользование», «Лесоинженерное дело», «Машины и оборудование лесного комплекса», «Технология деревообрабатывающих производств»: в 2 ч. / А. К. Гармаза, И. Т. Ермак, Б. Р. Ладик ; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск : БГТУ, 2018. Ч. 1 – 299 с.; Ч. 2 – 170 с.