АРКОНА
АУДИТОРСКИЙ ЦЕНТР

Расчет
категории по СП 12.13130.2009
и класса помещений по ФЗ Технический регламент
«О требованиях пожарной безопасности»
№_____

Объект защиты: _____,
расположенного по адресу: _____

Выполнил:
_____.
Квалификационное свидетельство от _____ №_____

-2021-

Аркона

Оглавление

1. Введение 3
2. Общие сведения 8
3. Расчёт категории 11
3.1. Параметры помещения 11
3.2. Помещение «Вариант 0» 11
3.2.1. Участок «Сценарий 1» 11
3.2.2. Участок «Сценарий 2» 14
3.2.3. Участок «Сценарий 3» 17
3.2.4. Определение категории помещения 20
3.3. Помещение «Вариант 1» 20
3.3.1. Участок «Сценарий 1» 20
3.3.2. Участок «Сценарий 2» 23
3.3.3. Участок «Сценарий 3» 26
3.3.4. Определение категории помещения 30
3.4. Помещение «Вариант 2» 31
3.4.1. Участок «Сценарий 1» 31
3.4.2. Участок «Сценарий 2» 35
3.4.3. Участок «Сценарий 3» 38
3.4.4. Определение категории помещения 42
3.5. Помещение «Вариант 3» 44
3.5.1. Участок «Сценарий 1» 44
3.5.2. Участок «Сценарий 2» 47
3.5.3. Участок «Сценарий 3» 51
3.5.4. Определение категории помещения 55
3.6. Помещение «Вариант 4» 56
3.6.1. Участок «Сценарий 1» 56
3.6.2. Участок «Сценарий 2» 60
3.6.3. Участок «Сценарий 3» 63
3.6.4. Участок «Участок_01» 67
3.6.5. Определение категории помещения 68
4. Рассчитанные категории помещений 71
5. Приложения 73
6. Нормативные ссылки и справочные данные 73

АРКОНА

1. Введение

Определение категорий помещений, зданий и наружных установок выполняется согласно «СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (введ. приказом МЧС России от 25 марта 2009 г. № 182, с изменениями, утв. приказом МЧС России от 9 декабря 2010 г. № 643), который является нормативным документом по пожарной безопасности в области стандартизации добровольного применения и устанавливает методы определения классификационных признаков отнесения зданий (или частей зданий между противопожарными стенами — пожарных отсеков), сооружений, строений и помещений (далее по тексту — зданий и помещений) производственного и складского назначения класса Ф5 к категориям по взрывопожарной и пожарной опасности, а также методы определения классификационных признаков категорий наружных установок производственного и складского назначения по пожарной опасности.

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

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1—В4, Г и Д, а здания — на категории А, Б, В, Г и Д.

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

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

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с таблицей 1 СП 12.13130.2009:

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А повышенная взрывопожаро-опасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б взрывопожаро-опасность	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1—В4 пожаро-опасность	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б

Аркона

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
Г умеренная пожаро-опасность	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д пониженная пожаро-опасность	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Определение категорий помещений осуществляется путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д).

Методы определения категорий помещений А и Б устанавливаются в соответствии с приложением А СП 12.13130.2009.

При этом в качестве расчетного выбирается наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором в образовании горючих газо-, паро-, пылевоздушных смесей участвует наибольшее количество газов, паров, пылей, наиболее опасных в отношении последствий сгорания этих смесей. В случае если использование расчетных методов не представляется возможным, допускается определение значений критериев взрывопожарной опасности на основании результатов соответствующих научно-исследовательских работ, согласованных в порядке, установленном для согласования отступлений от требований нормативных документов по пожарной безопасности

Количество поступивших в помещение веществ, которые могут образовать горючие газовоздушные, паровоздушные, пылевоздушные смеси, определяется, исходя из следующих предпосылок:

а) происходит расчетная авария одного из аппаратов;

б) все содержимое аппарата поступает в помещение;

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

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

Расчетное время отключения трубопроводов принимается равным:

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

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

- 300 с при ручном отключении;

г) происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости; площадь испарения при разливе на пол определяется (при отсутствии справочных данных), исходя из расчета, что 1 литр смесей и

Аркона

растворов, содержащих 70 % и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,5 м², а остальных жидкостей — на 1 м² пола помещения;

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

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

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

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

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

Свободный объем помещения определяется как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием, и условно принимается равным 80 % геометрического объема помещения.

Отнесение помещения к категории В1, В2, В3 или В4 осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указанном помещении и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку. Разделение помещений на категории В1—В4 регламентируется положениями в соответствии с приложением Б СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений В1—В4 осуществляется путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в таблице Б.1 СП 12.13130.2009.

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

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

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

Здание **относится** к категории В, если одновременно выполнены следующие условия: здание не относится к категории А или Б и суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2 и В3 превышает 5 % (10 %, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммированной площади всех помещений. Здание **не относится** к категории В, если суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2 и В3 в здании не превышает 25 % суммированной площади всех размещенных в

АРКОНА

нем помещений (но не более 3500 м²) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Г, если одновременно выполнены следующие условия: здание не относится к категории А, Б или В и суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2, В3 и Г превышает 5 % суммированной площади всех помещений. Здание **не относится** к категории Г, если суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2, В3 и Г в здании не превышает 25 % суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 м²) и помещения категорий А, Б, В1, В2 и В3 оснащаются установками автоматического пожаротушения.

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

Классификация наружных установок по пожарной опасности используется для установления требований пожарной безопасности, направленных на предотвращение возможности возникновения пожара и обеспечение противопожарной защиты людей и имущества в случае возникновения пожара на наружных установках.

По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории АН, БН, ВН, ГН и ДН. Категории наружных установок определяются, исходя из пожароопасных свойств находящихся в установках горючих веществ и материалов, их количества и особенностей технологических процессов.

Категории наружных установок по пожарной опасности принимаются в соответствии с таблицей 2 СП 12.13130.2009:

Категория наружной установки	Критерии отнесения наружной установки к той или иной категории по пожарной опасности
АН повышенная взрывопожаро-опасность	Установка относится к категории АН, если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С, вещества и (или) материалы, способные гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и (или) друг с другом (при условии, что величина пожарного риска при возможном сгорании указанных веществ с образованием волн давления превышает одну миллионную в год на расстоянии 30 м от наружной установки)
БН взрывопожаро-опасность	Установка относится к категории БН, если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие пыли и (или) волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости (при условии, что величина пожарного риска при возможном сгорании пыле- и (или) паровоздушных смесей с образованием волн давления превышает одну миллионную в год на расстоянии 30 м от наружной установки)
ВН пожаро-опасность	Установка относится к категории ВН, если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие и (или) трудногорючие жидкости, твердые горючие и (или) трудногорючие вещества и (или) материалы (в том числе пыли и (или) волокна), вещества и (или) материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и (или) друг с другом гореть, и если не реализуются критерии, позволяющие отнести установку к категории АН или БН (при условии, что величина пожарного риска при возможном сгорании указанных веществ и (или) материалов превышает одну миллионную в год на расстоянии 30 м от наружной установки)

Аурона

Категория наружной установки	Критерии отнесения наружной установки к той или иной категории по пожарной опасности
ГН умеренная пожаро-опасность	Установка относится к категории ГН, если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) негорючие вещества и (или) материалы в горячем, раскаленном и (или) расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и (или) пламени, а также горючие газы, жидкости и (или) твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
ДН пониженная пожаро-опасность	Установка относится к категории ДН, если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) в основном негорючие вещества и (или) материалы в холодном состоянии и если по перечисленным выше критериям она не относится к категории АН, БН, ВН или ГН

Определение категорий наружных установок следует осуществлять путем последовательной проверки их принадлежности к категориям, приведенным в таблице 2, от наиболее опасной (АН) к наименее опасной (ДН).

В случае, если из-за отсутствия данных представляется невозможным оценить величину пожарного риска, допускается использование вместо нее следующих критериев.

Для категорий АН и БН:

- горизонтальный размер зоны, ограничивающей газопаровоздушные смеси с концентрацией горючего выше нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР) по ГОСТ 12.1.044, превышает 30 м (данный критерий применяется только для горючих газов и паров) и (или) расчетное избыточное давление при сгорании газо-, паро- или пылевоздушной смеси на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа.

Для категории ВН:

- интенсивность теплового излучения от очага пожара веществ и (или) материалов, указанных для категории ВН, на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 4 кВт/м^2.

Аргона

2. Общие сведения

Настоящий расчёт выполнен в отношении производственного помещения (пом.2,3 согласно техническому паспорту) расположенного в объёме нежилого здания. Помещение представляет собой близкий к прямоугольному в основании объём с максимальными размерами 11,55x11,62x7,1(h) м и 11,55x11,62x6,1(h) м соответствено. Помещение состоит из трёх уровней. Площадь помещения 118,8 м^2. В рассматриваемом помещении осуществляется изготовление пластификатора и незамерзающей жидкости. Незамерзающая жидкость представляет собой водный раствор соли не представляющий опасности в пожарном отношении- и в настоящем расчёте не рассматривается. Пластификатор представляет собой смесь нескольких компонентов: вода, сульфида натрия, формалина и ацетона. Содержание горючего вещества (ацетона) в пластификаторе не превышает 15%, сам пластификатор не относится к легковоспламеняющим жидкостям. Для приготовления пластификатора в помещении установлена линия, представляющая собой соединённые коммуникациями мерные ёмкости и аппараты смешивания (реакторы). Одновременно в работе может находиться только один аппарат. Поскольку единственным пожаро-взрывоопасным компонентом является ацетон, в расчётах рассмотрены схема транспортировки ацетона от начального места хранения (внешний подземный резервуар) к конечной точке технологического процесса (реактор). Краткое описание технологии приготовления пластификатора:

1. Реактор объёмом 10 м^3 заполняется 2000 л воды.
2. Добавление сульфида натрия.
3. Смешивание полученного раствора с формалином (2800 л).
4. По охлаждению в реактор из мерной ёмкости подаётся ацетон.
5. По окончанию процесса перемешивания, готовый продукт (пластификатор) закачивается для дальнейшей транспортировки в автомобильные цистерны.

Длительность процесса 6 часов.

Технические данные технологического процесса:

- Объём внешнего подземного хранилища ацетона – 5 м^3
- Производительность насоса подающего ацетон из подземного хранилища в мерную ёмкость 35 м^3/час, напор 26 м.вод.ст. (насос 1СВН-80М-П-У2). Включение и отключение насоса – ручное.
- Объём мерника ацетона 1,2 м^3, максимальная загрузка 0,87 м^3. Габариты мерника 1.83(h)x0,915(d) м. Высота расположения мерника - отм.+7.000.
- Высота расположение реактора - отм.+0.000
- Характеристика коммуникации в объёме помещения: трубопровод подземное хранилище - мерник Ду50 20 м; мерник - реактор Ду50 7 м.
- Запорная арматура подводящего и отводящего трубопровода мерника ацетона с ручным приводом.

Технологическая схема:

С целью определения условий, обеспечивающих наиболее приемлемую категорию помещения в расчётах, были рассмотрены следующие варианты:

АРКОНА

1. Вариант №0 отражает фактическое положение.
2. Вариант №1 при обеспечении ограничения растекания ацетона на площади не превышающей 2,8м^2.
3. Вариант №2 при обеспечении ограничения растекания ацетона на площади не превышающей 5м^2 и увеличенной кратности общеобменной вентиляции (не менее 1 ч$^{-1}$)
4. Вариант №3 при обеспечении ограничения растекания ацетона на площади не превышающей 10м^2 и увеличенной кратности общеобменной вентиляции (не менее 3 ч$^{-1}$)
5. Вариант №4 при обеспечении ограничения растекания ацетона на площади не превышающей 25м^2 и увеличенной кратности общеобменной вентиляции (не менее 10 ч$^{-1}$)

Для всех вариантов рассмотрены 3 сценария аварийной ситуации:

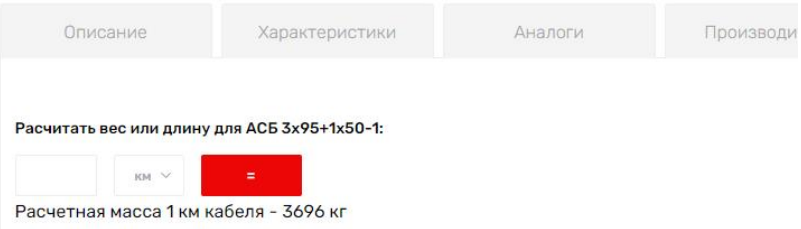
1. Разгерметизация мерника.
2. Разгерметизация подводящего трубопровода.
3. Разгерметизация отводящего трубопровода.

В качестве дополнительной пожарной нагрузки рассмотрена кабельная продукция:

Кабель АСБ 3х95+1х50

Расчётная масса 1 км кабеля – 3696 кг.
Расчётная масса 1 м кабеля – 3,7 кг.
Расчётная масса изоляции 1 м кабеля (10% от массы кабеля) – 0,37 кг
Масса применённого кабеля (480 м) – 177,6 кг.

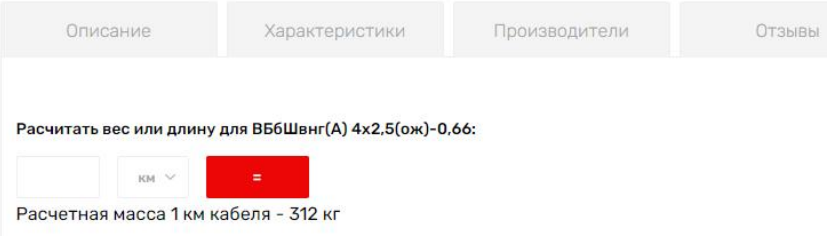
Кабель АСБ 3х95+1х50-1



Кабель ВБбШвнг 4х2,5
Расчётная масса 1 км кабеля – 312 кг.
Расчётная масса 1 м кабеля – 0,31 кг.
Расчётная масса изоляции 1 м кабеля (10% от массы кабеля) – 0,031 кг

Масса применённого кабеля (575 м) – 17,8 кг.

Кабель ВБбШвнг(А) 4х2,5(ож)-0,66



Результаты во всех вариантах справедливы при условии соответствия принятых в расчётах характеристик помещения и технологического процесса.

Аркона

3. Расчёт категории

Согласно п. 5.2 СП 12.13130.2009, определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1 СП 12.13130.2009, от высшей (А) к низшей (Д).

В качестве аварийной ситуации принят розлив ёмкости с лаком объёмом 30 л при продолжении работы окрасочной линии. Площадь розлива ограничена площадью ванны 1,0х0,6=0,6 м². Полная площадь испарения принята исходя из суммы площади розлива и площади окрашенных поверхностей (9 м²) и равно 9,6 м².

3.1. Параметры помещения

Имя	Значение
Длина	10,9 м
Ширина	10,9 м
Площадь	118,8 м²
Высота	7,1 м
Уровень нижнего пояса ферм перекрытия (покрытия)	7,1 м

3.2. Помещение «Вариант 0»

Имя	Значение
Описание	Фактическое положение
Расчетная температура воздуха	37 °C
Имеется автоматическое пожаротушение	Нет
Имеется аварийная вентиляция	Нет
Категория	А

3.2.1. Участок «Сценарий 1»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация мерника ацетона
Площадь	118,8 м²
Высота	0 м

АРКОНА

3.2.1.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: <нет>

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Ацетон
Описание	C_3H_6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·м²)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.
Температура вспышки	-18 °C
Температура кипения	56,5 °C
Плотность жидкости	791 кг/м³
Удельная площадь разлива в помещении	1 м²/л
Константа Антуана A	6,37551
Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0,87 м³
Температура жидкости	37 °C

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

АРКОНА

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0,87 м³.
Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 0 м³.
Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0 м³.
Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 0,87 м³.
Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 688,2 кг.
Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 118,8 м².

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

$$P_н = 10^{(A-B/(t+C_а))} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_а$ –	константа Антуана	237,088
t –	расчетная температура жидкости	37 °C

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °C) не превышает температуру окружающей среды (37 °C), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

$$m = m_р + m_{емк} + m_{св.окр.}$$

где $m_р$ — масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг; $m_{емк}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг; $m_{св.окр.}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.
При этом каждое из слагаемых определяется по формуле:

$$m = WF_и T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_н = 0{,}00038132 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °C) воздушного потока над поверхностью испарения	1
M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_н$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости (37 °C)	50,026 кПа

$F_и$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	118,8	3600	163,082

Итого: масса паров жидкости составит 163,082 кг.

АРКОНА

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0)\frac{mZ}{V_{св}\rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_н} = 209{,}26 \text{ кПа},$$

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа
m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	163,082 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{св}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³
$\rho_{г,п}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °C)	2,282 кг/м³
$C_{ст}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_н$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

ΔP = 209,26 кПа.

3.2.2. Участок «Сценарий 2»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация подводящего трубопровода ацетона
Площадь	118,8 м²
Высота	0 м

3.2.2.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: <нет>

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Ацетон
Описание	C3H6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·м²)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.

Аркона

Температура вспышки	-18 °C
Температура кипения	56,5 °C
Плотность жидкости	791 кг/м³
Удельная площадь разлива в помещении	1 м²/л
Константа Антуана A	6,37551
Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0 м³
Температура жидкости	37 °C
Расчетное время отключения трубопроводов	120 с

Подводящие трубопроводы

№	Внутренний диаметр, м	Длина, м	Расход жидкости, м³/с
1	0,05	20	0,01

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0 м³.

Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 1,2 м³.

Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0,039 м³.

Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 1,239 м³.

Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 980,3 кг.

Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 118,8 м².

АРКОНА

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

$$P_{\text{н}} = 10^{\left(A - B/(t + C_{\text{а}})\right)} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_{\text{а}}$ –	константа Антуана	237,088
t –	расчетная температура жидкости	37 °С

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °С) не превышает температуру окружающей среды (37 °С), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

$$m = m_{\text{р}} + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр.}}$$

где $m_{\text{р}}$ — 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 определяется по формуле:

$$m = W F_{\text{и}} T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 0{,}00038132 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °С) воздушного потока над поверхностью испарения	1
M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_{\text{н}}$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости (37 °С)	50,026 кПа

$F_{\text{и}}$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	118,8	3600	163,082

Итого: масса паров жидкости составит 163,082 кг.

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \rho_{\text{г,п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}} = 209{,}26 \text{ кПа},$$

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа

АРКОНА

m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	163,082 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{св}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³
$\rho_{г,п}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °С)	2,282 кг/м³
$C_{ст}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_н$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

ΔP = 209,26 кПа.

3.2.3. Участок «Сценарий 3»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация отводящего трубопровода ацетона
Площадь	118,8 м²
Высота	0 м

3.2.3.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: Мерник ацетона

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Ацетон
Описание	C3H6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·м²)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.
Температура вспышки	-18 °С
Температура кипения	56,5 °С
Плотность жидкости	791 кг/м³
Удельная площадь разлива в помещении	1 м²/л
Константа Антуана А	6,37551

Аркона

Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0,87 м³
Температура жидкости	37 °C

Отводящие трубопроводы

№	Внутренний диаметр, м	Длина, м
1	0,05	7

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0,87 м³.

Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 0 м³.

Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0,014 м³.

Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 0,884 м³.

Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 699 кг.

Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 118,8 м².

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

$$P_н = 10^{(A-B/(t+C_а))} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_а$ –	константа Антуана	237,088
t –	расчетная температура жидкости	37 °C

АРКОНА

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °С) не превышает температуру окружающей среды (37 °С), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

$$m = m_{\text{р}} + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр.}}$$

где $m_{\text{р}}$ — 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 определяется по формуле:

$$m = W F_{\text{и}} T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 0{,}00038132 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °С) воздушного потока над поверхностью испарения	1
M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_{\text{н}}$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости (37 °С)	50,026 кПа

$F_{\text{и}}$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	118,8	3600	163,082

Итого: масса паров жидкости составит 163,082 кг.

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \rho_{\text{г,п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}} = 209{,}26 \text{ кПа},$$

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа
m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	163,082 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{\text{св}}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³
$\rho_{\text{г,п}}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °С)	2,282 кг/м³
$C_{\text{ст}}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_{\text{н}}$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

Аркона

ΔP = 209,26 кПа.

3.2.4. Определение категории помещения

Согласно п. 5.2 СП 12.13130.2009, определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1 СП 12.13130.2009, от высшей (А) к низшей (Д).

Рассчитанное избыточное давление взрыва на участках:

Участок	Рассчитанное избыточное давление взрыва
Сценарий 1	209,26 кПа
Сценарий 2	209,26 кПа
Сценарий 3	209,26 кПа

В помещении присутствуют участки, рассчитанное избыточное давление взрыва для которых превышает 5 кПа, поэтому помещение относится к категории А.

3.3. Помещение «Вариант 1»

Имя	Значение
Описание	Помещение не обеспечено вентиляцией
Расчетная температура воздуха	37 °C
Имеется автоматическое пожаротушение	Нет
Имеется аварийная вентиляция	Нет
Категория	В1

3.3.1. Участок «Сценарий 1»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация мерника ацетона
Площадь	2,8 м²
Высота	0 м

3.3.1.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: <нет>

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Ацетон

Аркона

Описание	C_3H_6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·м²)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.
Температура вспышки	-18 °C
Температура кипения	56,5 °C
Плотность жидкости	791 кг/м³
Удельная площадь разлива в помещении	1 м²/л
Константа Антуана A	6,37551
Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0,87 м³
Температура жидкости	37 °C

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0,87 м³.

Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 0 м³.

Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0 м³.

Аркона

Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 0,87 м³.
Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 688,2 кг.
Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 2,8 м².

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

$$P_{\text{н}} = 10^{\left(A - B/(t + C_{\text{а}})\right)} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_{\text{а}}$ –	константа Антуана	237,088
t –	расчетная температура жидкости	37 °C

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °C) не превышает температуру окружающей среды (37 °C), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

$$m = m_{\text{р}} + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр.}}$$

где $m_{\text{р}}$ — 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 определяется по формуле:

$$m = W F_{\text{и}} T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 0{,}00038132 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °C) воздушного потока над поверхностью испарения	1
M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_{\text{н}}$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости (37 °C)	50,026 кПа

$F_{\text{и}}$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	2,8	3600	3,844

Итого: масса паров жидкости составит 3,844 кг.

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \rho_{\text{г,п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}} = 4{,}93 \text{ кПа},$$

Аркона

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа
m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	3,844 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{св}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³
$\rho_{г,п}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °С)	2,282 кг/м³
$C_{ст}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_н$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

ΔP = 4,93 кПа.

3.3.1.2. Определение удельной пожарной нагрузки

Пожарная нагрузка на участке

№	Наименование	Горючая нагрузка	Масса	Теплота сгорания
1	Жидкая нагрузка_01	Ацетон	688,17 кг	31,36 МДж/кг

Удельная пожарная нагрузка определяется по формуле:

$$g = {}^{Q}/_{S} = 2158{,}1 \text{ МДж/м}^2,$$

где:

Q –	суммарная пожарная нагрузка на участке	21581 МДж
S –	площадь участка (при площади менее 10 м², принимается значение 10 м²)	2,8 м²

Итого: g = 2158,1 МДж/м².

3.3.2. Участок «Сценарий 2»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация подводящего трубопровода ацетона
Площадь	2,8 м²
Высота	0 м

3.3.2.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: <нет>

Свойства горючего вещества:

Аркона

Имя	Значение
Наименование	Ацетон
Описание	C_3H_6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·м²)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.
Температура вспышки	-18 °C
Температура кипения	56,5 °C
Плотность жидкости	791 кг/м³
Удельная площадь разлива в помещении	1 м²/л
Константа Антуана A	6,37551
Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0 м³
Температура жидкости	37 °C
Расчетное время отключения трубопроводов	120 с

Подводящие трубопроводы

№	Внутренний диаметр, м	Длина, м	Расход жидкости, м³/с
1	0,05	20	0,01

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

АРКОНА

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0 м³.

Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 1,2 м³.

Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0,039 м³.

Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 1,239 м³.

Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 980,3 кг.

Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 2,8 м².

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

$$P_н = 10^{(A-B/(t+C_а))} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_а$ –	константа Антуана	237,088
t –	расчетная температура жидкости	37 °С

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °С) не превышает температуру окружающей среды (37 °С), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

$$m = m_р + m_{емк} + m_{св.окр.}$$

где $m_р$ — масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг; $m_{емк}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг; $m_{св.окр.}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

При этом каждое из слагаемых определяется по формуле:

$$m = W F_и T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_н = 0{,}00038132 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °С) воздушного потока над поверхностью испарения	1
M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_н$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости (37 °С)	50,026 кПа

$F_и$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	2,8	3600	3,844

Итого: масса паров жидкости составит 3,844 кг.

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0)\frac{mZ}{V_{св}\rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_н} = 4{,}93 \text{ кПа},$$

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа
m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	3,844 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{св}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³
$\rho_{г,п}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °C)	2,282 кг/м³
$C_{ст}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_н$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

ΔP = 4,93 кПа.

3.3.2.2. Определение удельной пожарной нагрузки

Пожарная нагрузка на участке

№	Наименование	Горючая нагрузка	Масса	Теплота сгорания
1	Жидкая нагрузка_01	Ацетон	980,263 кг	31,36 МДж/кг

Удельная пожарная нагрузка определяется по формуле:

$$g = {}^{Q}/_{S} = 3074{,}1 \text{ МДж/м}^2,$$

где:

Q –	суммарная пожарная нагрузка на участке	30741 МДж
S –	площадь участка (при площади менее 10 м², принимается значение 10 м²)	2,8 м²

Итого: g = 3074,1 МДж/м².

3.3.3. Участок «Сценарий 3»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация отводящего трубопровода ацетона

АРКОНА

Площадь	2,8 м²
Высота	0 м

3.3.3.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: Мерник ацетона

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Ацетон
Описание	C3H6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·м²)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.
Температура вспышки	-18 °C
Температура кипения	56,5 °C
Плотность жидкости	791 кг/м³
Удельная площадь разлива в помещении	1 м²/л
Константа Антуана A	6,37551
Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0,87 м³
Температура жидкости	37 °C

Аркона

Отводящие трубопроводы

№	Внутренний диаметр, м	Длина, м
1	0,05	7

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0,87 м³.

Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 0 м³.

Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0,014 м³.

Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 0,884 м³.

Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 699 кг.

Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 2,8 м².

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

$$P_н = 10^{(A-B/(t+C_а))} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_а$ –	константа Антуана	237,088
t –	расчетная температура жидкости	37 °C

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °C) не превышает температуру окружающей среды (37 °C), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

$$m = m_р + m_{емк} + m_{св.окр.}$$

где $m_р$ — масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг; $m_{емк}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг; $m_{св.окр.}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

При этом каждое из слагаемых определяется по формуле:

$$m = WF_и T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_н = 0{,}00038132 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °C) воздушного потока над поверхностью испарения	1
M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_н$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости	50,026 кПа

АРКОНА

	(37 °C)	

$F_и$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	2,8	3600	3,844

Итого: масса паров жидкости составит 3,844 кг.

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0)\frac{mZ}{V_{св}\rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_н} = 4{,}93 \text{ кПа},$$

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа
m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	3,844 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{св}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³
$\rho_{г,п}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °C)	2,282 кг/м³
$C_{ст}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_н$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

ΔP = 4,93 кПа.

3.3.3.2. Определение удельной пожарной нагрузки

Пожарная нагрузка на участке

№	Наименование	Горючая нагрузка	Масса	Теплота сгорания
1	Жидкая нагрузка_01	Ацетон	699,042 кг	31,36 МДж/кг

Удельная пожарная нагрузка определяется по формуле:

$$g = {}^{Q}/_{S} = 2192{,}2 \text{ МДж/м}^2,$$

где:

Q –	суммарная пожарная нагрузка на участке	21922 МДж
S –	площадь участка (при площади менее 10 м², принимается значение 10 м²)	2,8 м²

Итого: g = 2192,2 МДж/м².

Аркона

3.3.4. Определение категории помещения

Согласно п. 5.2 СП 12.13130.2009, определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1 СП 12.13130.2009, от высшей (А) к низшей (Д).

Рассчитанное избыточное давление взрыва на участках:

Участок	Рассчитанное избыточное давление взрыва
Сценарий 1	4,93 кПа
Сценарий 2	4,93 кПа
Сценарий 3	4,93 кПа

В помещении нет участков, рассчитанное избыточное давление взрыва для которых превышает 5 кПа, поэтому необходимо выполнить проверку помещения на отношение к пожароопасным категориям В1-В4.

Согласно п. 5.2 СП 12.13130.2009, определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1 СП 12.13130.2009, от высшей (А) к низшей (Д).
В рассматриваемом помещении отсутствуют горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и 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. Таким образом, помещение **не следует относить к помещениям категории А**.
В помещении отсутствуют горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Следовательно, помещение **не следует относить к помещениям категории Б.**
Ниже приведен расчёт с целью определения отношения помещения к категориям В1-В4.

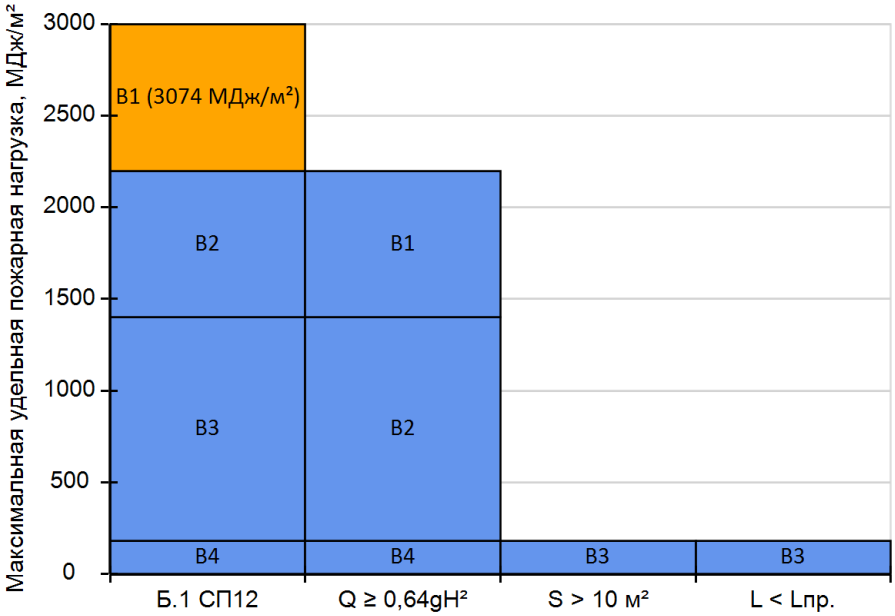
Расчетные характеристики участков:

Наименование	g	$Q \geq 0{,}64gH^2$	Площадь	qкр	H	Lпр.	L
Сценарий 2	3074,1 МДж/м²	-	-	-	-	-	-
Сценарий 3	2192,2 МДж/м²	Нет	-	-	-	-	-
Сценарий 1	2158,1 МДж/м²	Нет	-	-	-	-	-

где: g – удельная пожарная нагрузка на участке, определяемая по формуле (Б.2) СП 12.13130.2009;
"$Q \geq 0{,}64gH^2$" – выполняется ли условие (Б.5) СП 12.13130.2009;
qкр – критическая плотность падающих лучистых потоков;

Аркона

H – минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм перекрытия (покрытия);
Lпр – предельное (допустимое) расстояние до соседнего участка;
Lmin – минимальное расстояние до соседнего участка.



Вывод: согласно п.п. Б.1, Б.2 СП 12.13130.2009 помещение относится к категории В1.

3.4. Помещение «Вариант 2»

Имя	Значение
Описание	Помещение обеспечено вентиляцией
Расчетная температура воздуха	37 °C
Имеется автоматическое пожаротушение	Нет
Имеется аварийная вентиляция	Да
Кратность воздухообмена	1 $ч^{-1}$
Категория	В1

3.4.1. Участок «Сценарий 1»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация мерника ацетона
Площадь	5 $м^2$
Высота	0 м

3.4.1.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: <нет>

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Ацетон
Описание	C_3H_6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·м²)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.
Температура вспышки	-18 °C
Температура кипения	56,5 °C
Плотность жидкости	791 кг/м³
Удельная площадь разлива в помещении	1 м²/л
Константа Антуана A	6,37551
Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0,87 м³
Температура жидкости	37 °C

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

АРКОНА

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0,87 м³.
Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 0 м³.
Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0 м³.
Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 0,87 м³.
Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 688,2 кг.
Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 5 м².

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

$$P_н = 10^{(A-B/(t+C_а))} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_а$ –	константа Антуана	237,088
t –	расчетная температура жидкости	37 °C

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °C) не превышает температуру окружающей среды (37 °C), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

$$m = m_р + m_{емк} + m_{св.окр.}$$

где $m_р$ — масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг; $m_{емк}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг; $m_{св.окр.}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.
При этом каждое из слагаемых определяется по формуле:

$$m = W F_и T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_н = 0{,}00038824 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °C) воздушного потока над поверхностью испарения	1
M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_н$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости (37 °C)	50,026 кПа

$F_и$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	5	3600	6,988

Итого: масса паров жидкости составит 6,988 кг.

АРКОНА

При определении массы газа или пара допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

Допускается учитывать постоянно работающую общеобменную вентиляцию, обеспечивающую концентрацию горючих газов и паров в помещении, не превышающую предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию, рассчитанную для аварийной вентиляции. Указанная общеобменная вентиляция должна быть оборудована резервными вентиляторами, включающимися автоматически при остановке основных. Электроснабжение указанной вентиляции должно осуществляться не ниже чем по первой категории надежности по ПУЭ.

Коэффициент K определяется по формуле:

$$K = AT + 1$$

и составляет K = 2; где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, A = 0,000278 с$^{-1}$; T – продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, T = 3600 с.

Масса газа или пара, поступившего в помещение, с учетом работы аварийной вентиляции составляет 3,494 кг.

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0)\frac{mZ}{V_{св}\rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_н} = 4{,}48 \text{ кПа},$$

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа
m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	3,494 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{св}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³
$\rho_{г,п}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °С)	2,282 кг/м³
$C_{ст}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_н$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

ΔP = 4,48 кПа.

3.4.1.2. Определение удельной пожарной нагрузки

Пожарная нагрузка на участке

№	Наименование	Горючая нагрузка	Масса	Теплота сгорания

1	Жидкая нагрузка_01	Ацетон	688,17 кг	31,36 МДж/кг

Удельная пожарная нагрузка определяется по формуле:

$$g = {}^{Q}/_{S} = 2158{,}1 \text{ МДж/м}^2,$$

где:

Q –	суммарная пожарная нагрузка на участке	21581 МДж
S –	площадь участка (при площади менее 10 м², принимается значение 10 м²)	5 м²

Итого: $g = 2158{,}1$ МДж/м².

3.4.2. Участок «Сценарий 2»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация подводящего трубопровода ацетона
Площадь	5 м²
Высота	0 м

3.4.2.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: <нет>

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Ацетон
Описание	C_3H_6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·м²)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.
Температура вспышки	-18 °C
Температура кипения	56,5 °C
Плотность жидкости	791 кг/м³
Удельная площадь разлива в помещении	1 м²/л
Константа Антуана A	6,37551

Аркона

Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0 м³
Температура жидкости	37 °C
Расчетное время отключения трубопроводов	120 с

Подводящие трубопроводы

№	Внутренний диаметр, м	Длина, м	Расход жидкости, м³/с
1	0,05	20	0,01

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0 м³.

Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 1,2 м³.

Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0,039 м³.

Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 1,239 м³.

Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 980,3 кг.

Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 5 м².

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

$$P_н = 10^{(A-B/(t+C_а))} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_а$ –	константа Антуана	237,088

АРКОНА

t –	расчетная температура жидкости	37 °С

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °С) не превышает температуру окружающей среды (37 °С), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

$$m = m_{\text{р}} + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр.}}$$

где $m_{\text{р}}$ — 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 определяется по формуле:

$$m = WF_{\text{и}}T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 0{,}00038824 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °С) воздушного потока над поверхностью испарения	1
M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_{\text{н}}$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости (37 °С)	50,026 кПа

$F_{\text{и}}$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	5	3600	6,988

Итого: масса паров жидкости составит 6,988 кг.

При определении массы газа или пара допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

Допускается учитывать постоянно работающую общеобменную вентиляцию, обеспечивающую концентрацию горючих газов и паров в помещении, не превышающую предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию, рассчитанную для аварийной вентиляции. Указанная общеобменная вентиляция должна быть оборудована резервными вентиляторами, включающимися автоматически при остановке основных. Электроснабжение указанной вентиляции должно осуществляться не ниже чем по первой категории надежности по ПУЭ.

Коэффициент K определяется по формуле:

$$K = AT + 1$$

и составляет K = 2; где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, A = 0,000278 с⁻¹; T – продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, T = 3600 с.

Аркона

Масса газа или пара, поступившего в помещение, с учетом работы аварийной вентиляции составляет 3,494 кг.

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0)\frac{mZ}{V_{св}\rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_н} = 4{,}48 \text{ кПа},$$

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа
m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	3,494 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{св}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³
$\rho_{г,п}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °C)	2,282 кг/м³
$C_{ст}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_н$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

ΔP = 4,48 кПа.

3.4.2.2. Определение удельной пожарной нагрузки

Пожарная нагрузка на участке

№	Наименование	Горючая нагрузка	Масса	Теплота сгорания
1	Жидкая нагрузка_01	Ацетон	980,263 кг	31,36 МДж/кг

Удельная пожарная нагрузка определяется по формуле:

$$g = {}^{Q}/_{S} = 3074{,}1 \text{ МДж/м}^2,$$

где:

Q –	суммарная пожарная нагрузка на участке	30741 МДж
S –	площадь участка (при площади менее 10 м², принимается значение 10 м²)	5 м²

Итого: g = 3074,1 МДж/м².

3.4.3. Участок «Сценарий 3»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация отводящего трубопровода

АРКОНА

	ацетона
Площадь	5 м²
Высота	0 м

3.4.3.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: Мерник ацетона

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Ацетон
Описание	C_3H_6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·м²)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.
Температура вспышки	-18 °C
Температура кипения	56,5 °C
Плотность жидкости	791 кг/м³
Удельная площадь разлива в помещении	1 м²/л
Константа Антуана A	6,37551
Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0,87 м³

Аркона

Температура жидкости	37 °C

Отводящие трубопроводы

№	Внутренний диаметр, м	Длина, м
1	0,05	7

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0,87 м³.

Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 0 м³.

Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0,014 м³.

Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 0,884 м³.

Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 699 кг.

Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 5 м².

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

$$P_н = 10^{(A-B/(t+C_а))} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_а$ –	константа Антуана	237,088
t –	расчетная температура жидкости	37 °C

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °C) не превышает температуру окружающей среды (37 °C), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

$$m = m_р + m_{емк} + m_{св.окр.}$$

где $m_р$ — масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг; $m_{емк}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг; $m_{св.окр.}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

При этом каждое из слагаемых определяется по формуле:

$$m = W F_и T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_н = 0{,}00038824 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °C) воздушного потока над поверхностью испарения	1

АРКОНА

M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_н$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости (37 °С)	50,026 кПа

$F_и$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	5	3600	6,988

Итого: масса паров жидкости составит 6,988 кг.

При определении массы газа или пара допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

Допускается учитывать постоянно работающую общеобменную вентиляцию, обеспечивающую концентрацию горючих газов и паров в помещении, не превышающую предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию, рассчитанную для аварийной вентиляции. Указанная общеобменная вентиляция должна быть оборудована резервными вентиляторами, включающимися автоматически при остановке основных. Электроснабжение указанной вентиляции должно осуществляться не ниже чем по первой категории надежности по ПУЭ.

Коэффициент K определяется по формуле:

$$K = AT + 1$$

и составляет K = 2; где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, A = 0,000278 с⁻¹; T – продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, T = 3600 с.

Масса газа или пара, поступившего в помещение, с учетом работы аварийной вентиляции составляет 3,494 кг.

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0)\frac{mZ}{V_{св}\rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_н} = 4{,}48 \text{ кПа},$$

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа
m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	3,494 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{св}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³

Аркона

$\rho_{г,п}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °С)	2,282 кг/м³
$C_{ст}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_н$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

ΔP = 4,48 кПа.

3.4.3.2. Определение удельной пожарной нагрузки

Пожарная нагрузка на участке

№	Наименование	Горючая нагрузка	Масса	Теплота сгорания
1	Жидкая нагрузка_01	Ацетон	699,042 кг	31,36 МДж/кг

Удельная пожарная нагрузка определяется по формуле:

$$g = {}^{Q}/_{S} = 2192{,}2 \text{ МДж/м}^2,$$

где:

Q –	суммарная пожарная нагрузка на участке	21922 МДж
S –	площадь участка (при площади менее 10 м², принимается значение 10 м²)	5 м²

Итого: g = 2192,2 МДж/м².

3.4.4. Определение категории помещения

Согласно п. 5.2 СП 12.13130.2009, определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1 СП 12.13130.2009, от высшей (А) к низшей (Д).

Рассчитанное избыточное давление взрыва на участках:

Участок	Рассчитанное избыточное давление взрыва
Сценарий 1	4,48 кПа
Сценарий 2	4,48 кПа
Сценарий 3	4,48 кПа

В помещении нет участков, рассчитанное избыточное давление взрыва для которых превышает 5 кПа, поэтому необходимо выполнить проверку помещения на отношение к пожароопасным категориям В1-В4.

Согласно п. 5.2 СП 12.13130.2009, определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1 СП 12.13130.2009, от высшей (А) к низшей (Д).

Аркона

В рассматриваемом помещении отсутствуют горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и 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. Таким образом, помещение **не следует относить к помещениям категории А**.

В помещении отсутствуют горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Следовательно, помещение **не следует относить к помещениям категории Б.**

Ниже приведен расчёт с целью определения отношения помещения к категориям В1-В4.

Расчетные характеристики участков:

Наименование	g	Q ≥ 0,64gH²	Площадь	qкр	H	Lпр.	L
Сценарий 2	3074,1 МДж/м²	-	-	-	-	-	-
Сценарий 3	2192,2 МДж/м²	Нет	-	-	-	-	-
Сценарий 1	2158,1 МДж/м²	Нет	-	-	-	-	-

где: g – удельная пожарная нагрузка на участке, определяемая по формуле (Б.2) СП 12.13130.2009;

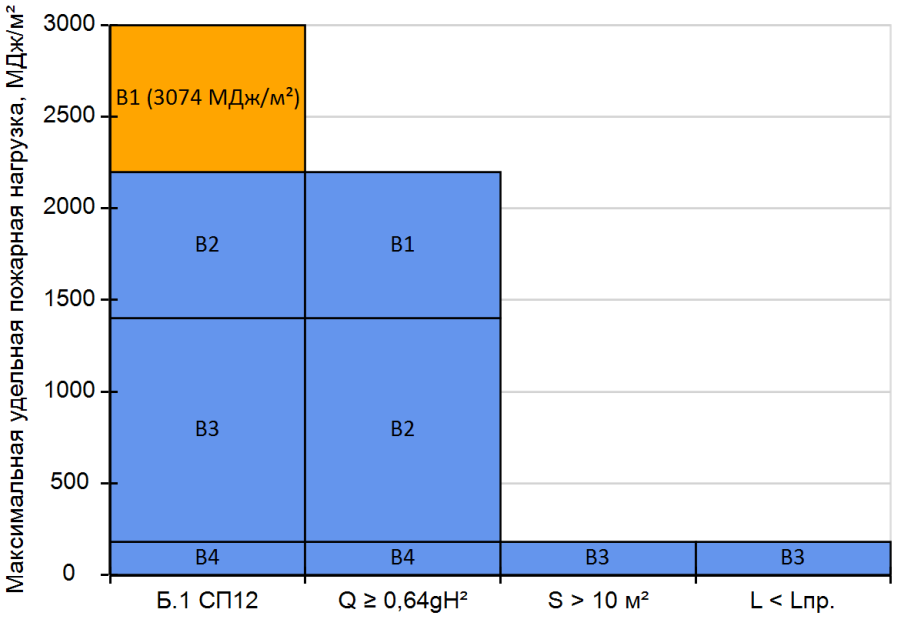
"Q ≥ 0,64gH²" – выполняется ли условие (Б.5) СП 12.13130.2009;

qкр – критическая плотность падающих лучистых потоков;

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

Lпр – предельное (допустимое) расстояние до соседнего участка;

Lmin – минимальное расстояние до соседнего участка.



Вывод: согласно п.п. Б.1, Б.2 СП 12.13130.2009 помещение относится к категории В1.

3.5. Помещение «Вариант 3»

Имя	Значение
Описание	Помещение обеспечено вентиляцией
Имеется автоматическое пожаротушение	Нет
Имеется аварийная вентиляция	Да
Кратность воздухообмена	3 $ч^{-1}$
Категория	В1

3.5.1. Участок «Сценарий 1»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация мерника ацетона
Площадь	10 $м^2$
Высота	0 м

3.5.1.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: <нет>

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Ацетон
Описание	C_3H_6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·$м^2$)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.
Температура вспышки	-18 °C
Температура кипения	56,5 °C
Плотность жидкости	791 кг/$м^3$
Удельная площадь разлива в помещении	1 $м^2$/л
Константа Антуана A	6,37551

Аркона

Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0,87 м³
Температура жидкости	37 °C

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0,87 м³.

Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 0 м³.

Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0 м³.

Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 0,87 м³.

Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 688,2 кг.

Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 10 м².

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

$$P_н = 10^{(A-B/(t+C_а))} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_а$ –	константа Антуана	237,088
t –	расчетная температура жидкости	37 °C

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °C) не превышает температуру окружающей среды (37 °C), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

Аркона

$$m = m_{\text{р}} + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр.}}$$

где $m_{\text{р}}$ — 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 определяется по формуле:

$$m = WF_{\text{и}}T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 0{,}0004021 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °С) воздушного потока над поверхностью испарения	1,1
M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_{\text{н}}$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости (37 °С)	50,026 кПа

$F_{\text{и}}$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	10	3600	14,476

Итого: масса паров жидкости составит 14,476 кг.

При определении массы газа или пара допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

Допускается учитывать постоянно работающую общеобменную вентиляцию, обеспечивающую концентрацию горючих газов и паров в помещении, не превышающую предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию, рассчитанную для аварийной вентиляции. Указанная общеобменная вентиляция должна быть оборудована резервными вентиляторами, включающимися автоматически при остановке основных. Электроснабжение указанной вентиляции должно осуществляться не ниже чем по первой категории надежности по ПУЭ.

Коэффициент K определяется по формуле:

$$K = AT + 1$$

и составляет K = 4; где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, A = 0,000833 с$^{-1}$; T – продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, T = 3600 с.

Масса газа или пара, поступившего в помещение, с учетом работы аварийной вентиляции составляет 3,619 кг.

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0)\frac{mZ}{V_{св}\rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_н} = 4{,}64 \text{ кПа},$$

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа
m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	3,619 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{св}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³
$\rho_{г,п}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °C)	2,282 кг/м³
$C_{ст}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_н$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

ΔP = 4,64 кПа.

3.5.1.2. Определение удельной пожарной нагрузки

Пожарная нагрузка на участке

№	Наименование	Горючая нагрузка	Масса	Теплота сгорания
1	Жидкая нагрузка_01	Ацетон	688,17 кг	31,36 МДж/кг

Удельная пожарная нагрузка определяется по формуле:

$$g = {}^{Q}/_{S} = 2158{,}1 \text{ МДж/м}^2,$$

где:

Q –	суммарная пожарная нагрузка на участке	21581 МДж
S –	площадь участка (при площади менее 10 м², принимается значение 10 м²)	10 м²

Итого: g = 2158,1 МДж/м².

3.5.2. Участок «Сценарий 2»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация подводящего трубопровода ацетона
Площадь	10 м²
Высота	0 м

АРКОНА

3.5.2.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: <нет>

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Ацетон
Описание	C_3H_6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·м²)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.
Температура вспышки	-18 °C
Температура кипения	56,5 °C
Плотность жидкости	791 кг/м³
Удельная площадь разлива в помещении	1 м²/л
Константа Антуана A	6,37551
Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0 м³
Температура жидкости	37 °C
Расчетное время отключения трубопроводов	120 с

Подводящие трубопроводы

№	Внутренний диаметр, м	Длина, м	Расход жидкости, м³/с

АРКОНА

1	0,05	20	0,01

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0 м³.

Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 1,2 м³.

Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0,039 м³.

Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 1,239 м³.

Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 980,3 кг.

Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 10 м².

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

$$P_н = 10^{(A-B/(t+C_а))} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_а$ –	константа Антуана	237,088
t –	расчетная температура жидкости	37 °С

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °С) не превышает температуру окружающей среды (37 °С), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

$$m = m_р + m_{емк} + m_{св.окр.}$$

где $m_р$ — масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг; $m_{емк}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг; $m_{св.окр.}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

При этом каждое из слагаемых определяется по формуле:

$$m = W F_и T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_н = 0{,}0004021 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °С) воздушного потока над поверхностью испарения	1,1
M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_н$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости (37 °С)	50,026 кПа

$F_и$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Аркона

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	10	3600	14,476

Итого: масса паров жидкости составит 14,476 кг.

При определении массы газа или пара допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

Допускается учитывать постоянно работающую общеобменную вентиляцию, обеспечивающую концентрацию горючих газов и паров в помещении, не превышающую предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию, рассчитанную для аварийной вентиляции. Указанная общеобменная вентиляция должна быть оборудована резервными вентиляторами, включающимися автоматически при остановке основных. Электроснабжение указанной вентиляции должно осуществляться не ниже чем по первой категории надежности по ПУЭ.

Коэффициент K определяется по формуле:

$$K = AT + 1$$

и составляет K = 4; где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, A = 0,000833 с$^{-1}$; T – продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, T = 3600 с.

Масса газа или пара, поступившего в помещение, с учетом работы аварийной вентиляции составляет 3,619 кг.

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0)\frac{mZ}{V_{св}\rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_н} = 4{,}64 \text{ кПа},$$

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа
m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	3,619 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{св}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³
$\rho_{г,п}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °C)	2,282 кг/м³
$C_{ст}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_н$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

АРКОНА

ΔP = 4,64 кПа.

3.5.2.2. Определение удельной пожарной нагрузки

Пожарная нагрузка на участке

№	Наименование	Горючая нагрузка	Масса	Теплота сгорания
1	Жидкая нагрузка_01	Ацетон	980,263 кг	31,36 МДж/кг

Удельная пожарная нагрузка определяется по формуле:

$$g = {}^{Q}/_{S} = 3074{,}1 \text{ МДж/м}^2,$$

где:

Q –	суммарная пожарная нагрузка на участке	30741 МДж
S –	площадь участка (при площади менее 10 м², принимается значение 10 м²)	10 м²

Итого: g = 3074,1 МДж/м².

3.5.3. Участок «Сценарий 3»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация отводящего трубопровода ацетона
Площадь	10 м²
Высота	0 м

3.5.3.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: Мерник ацетона

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Ацетон
Описание	C_3H_6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·м²)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.
Температура вспышки	-18 °C

АРКОНА

Температура кипения	56,5 °C
Плотность жидкости	791 кг/м³
Удельная площадь разлива в помещении	1 м²/л
Константа Антуана A	6,37551
Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0,87 м³
Температура жидкости	37 °C

Отводящие трубопроводы

№	Внутренний диаметр, м	Длина, м
1	0,05	7

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0,87 м³.

Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 0 м³.

Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0,014 м³.

Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 0,884 м³.

Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 699 кг.

Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 10 м².

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

Аркона

$$P_{н} = 10^{(A-B/(t+C_{а}))} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_{а}$ –	константа Антуана	237,088
t –	расчетная температура жидкости	37 °С

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °С) не превышает температуру окружающей среды (37 °С), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

$$m = m_{р} + m_{емк} + m_{св.окр.}$$

где $m_{р}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг; $m_{емк}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг; $m_{св.окр.}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

При этом каждое из слагаемых определяется по формуле:

$$m = W F_{и} T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{н} = 0{,}0004021 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °С) воздушного потока над поверхностью испарения	1,1
M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_{н}$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости (37 °С)	50,026 кПа

$F_{и}$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	10	3600	14,476

Итого: масса паров жидкости составит 14,476 кг.

При определении массы газа или пара допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

Допускается учитывать постоянно работающую общеобменную вентиляцию, обеспечивающую концентрацию горючих газов и паров в помещении, не превышающую предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию, рассчитанную для аварийной вентиляции. Указанная общеобменная вентиляция должна быть оборудована резервными вентиляторами, включающимися автоматически при остановке основных. Электроснабжение указанной вентиляции должно осуществляться не ниже чем по первой категории надежности по ПУЭ.

Аркона

Коэффициент K определяется по формуле:

$$K = AT + 1$$

и составляет K = 4; где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, A = 0,000833 с$^{-1}$; T – продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, T = 3600 с.

Масса газа или пара, поступившего в помещение, с учетом работы аварийной вентиляции составляет 3,619 кг.

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0)\frac{mZ}{V_{св}\rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_н} = 4{,}64 \text{ кПа},$$

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа
m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	3,619 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{св}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³
$\rho_{г,п}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °C)	2,282 кг/м³
$C_{ст}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_н$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

ΔP = 4,64 кПа.

3.5.3.2. Определение удельной пожарной нагрузки

Пожарная нагрузка на участке

№	Наименование	Горючая нагрузка	Масса	Теплота сгорания
1	Жидкая нагрузка_01	Ацетон	699,042 кг	31,36 МДж/кг

Удельная пожарная нагрузка определяется по формуле:

$$g = {}^{Q}/_{S} = 2192{,}2 \text{ МДж/м}^2,$$

где:

Q –	суммарная пожарная нагрузка на участке	21922 МДж
S –	площадь участка (при площади менее 10 м², принимается значение 10 м²)	10 м²

Итого: g = 2192,2 МДж/м².

Аркона

3.5.4. Определение категории помещения

Согласно п. 5.2 СП 12.13130.2009, определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1 СП 12.13130.2009, от высшей (А) к низшей (Д).

Рассчитанное избыточное давление взрыва на участках:

Участок	Рассчитанное избыточное давление взрыва
Сценарий 1	4,64 кПа
Сценарий 2	4,64 кПа
Сценарий 3	4,64 кПа

В помещении нет участков, рассчитанное избыточное давление взрыва для которых превышает 5 кПа, поэтому необходимо выполнить проверку помещения на отношение к пожароопасным категориям В1-В4.

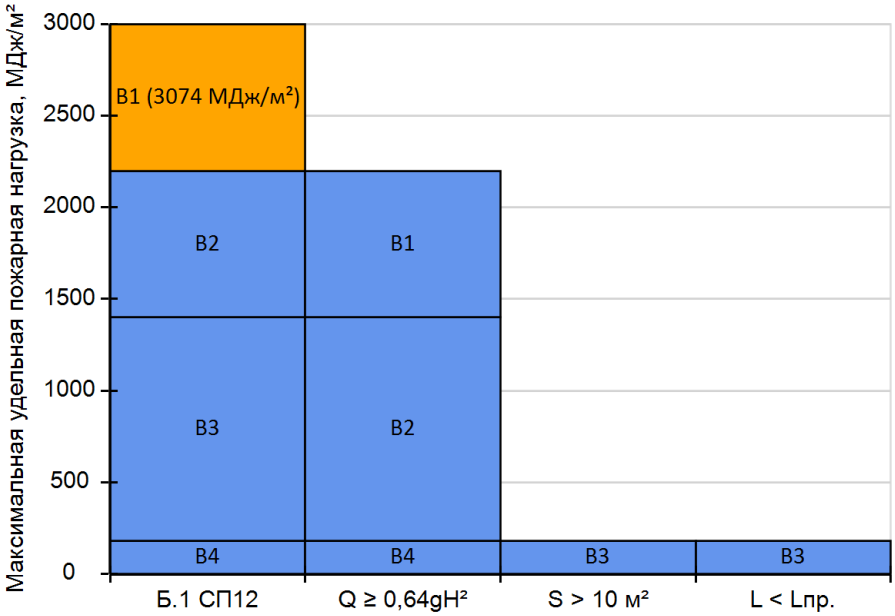
Согласно п. 5.2 СП 12.13130.2009, определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1 СП 12.13130.2009, от высшей (А) к низшей (Д).
В рассматриваемом помещении отсутствуют горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и 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. Таким образом, помещение **не следует относить к помещениям категории А**.
В помещении отсутствуют горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Следовательно, помещение **не следует относить к помещениям категории Б.**
Ниже приведен расчёт с целью определения отношения помещения к категориям В1-В4.

Расчетные характеристики участков:

Наименование	g	$Q \geq 0{,}64gH^2$	Площадь	qкр	H	Lпр.	L
Сценарий 2	3074,1 МДж/м²	-	-	-	-	-	-
Сценарий 3	2192,2 МДж/м²	Нет	-	-	-	-	-
Сценарий 1	2158,1 МДж/м²	Нет	-	-	-	-	-

где: g – удельная пожарная нагрузка на участке, определяемая по формуле (Б.2) СП 12.13130.2009;
"$Q \geq 0{,}64gH^2$" – выполняется ли условие (Б.5) СП 12.13130.2009;
qкр – критическая плотность падающих лучистых потоков;

H – минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм перекрытия (покрытия);
Lпр – предельное (допустимое) расстояние до соседнего участка;
Lmin – минимальное расстояние до соседнего участка.



Вывод: согласно п.п. Б.1, Б.2 СП 12.13130.2009 помещение относится к категории В1.

3.6. Помещение «Вариант 4»

Имя	Значение
Описание	Помещение обеспечено вентиляцией
Расчетная температура воздуха	37 °C
Имеется автоматическое пожаротушение	Нет
Имеется аварийная вентиляция	Да
Кратность воздухообмена	10 $ч^{-1}$
Категория	В3

3.6.1. Участок «Сценарий 1»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация мерника ацетона
Площадь	25 $м^2$
Высота	0 м

3.6.1.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: <нет>

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Ацетон
Описание	C_3H_6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·м²)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.
Температура вспышки	-18 °C
Температура кипения	56,5 °C
Плотность жидкости	791 кг/м³
Удельная площадь разлива в помещении	1 м²/л
Константа Антуана A	6,37551
Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0,87 м³
Температура жидкости	37 °C

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

АРКОНА

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0,87 м³.
Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 0 м³.
Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0 м³.
Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 0,87 м³.
Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 688,2 кг.
Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 25 м².

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

$$P_н = 10^{(A-B/(t+C_а))} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_а$ –	константа Антуана	237,088
t –	расчетная температура жидкости	37 °C

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °C) не превышает температуру окружающей среды (37 °C), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

$$m = m_р + m_{емк} + m_{св.окр.}$$

где $m_р$ — масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг; $m_{емк}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг; $m_{св.окр.}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.
При этом каждое из слагаемых определяется по формуле:

$$m = WF_и T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_н = 0{,}00045059 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °C) воздушного потока над поверхностью испарения	1,2
M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_н$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости (37 °C)	50,026 кПа

$F_и$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	25	3600	40,553

Итого: масса паров жидкости составит 40,553 кг.

АРКОНА

При определении массы газа или пара допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

Допускается учитывать постоянно работающую общеобменную вентиляцию, обеспечивающую концентрацию горючих газов и паров в помещении, не превышающую предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию, рассчитанную для аварийной вентиляции. Указанная общеобменная вентиляция должна быть оборудована резервными вентиляторами, включающимися автоматически при остановке основных. Электроснабжение указанной вентиляции должно осуществляться не ниже чем по первой категории надежности по ПУЭ.

Коэффициент K определяется по формуле:

$$K = AT + 1$$

и составляет K = 11; где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, A = 0,002778 с$^{-1}$; T – продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, T = 3600 с.

Масса газа или пара, поступившего в помещение, с учетом работы аварийной вентиляции составляет 3,687 кг.

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0)\frac{mZ}{V_{св}\rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_н} = 4{,}73 \text{ кПа},$$

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа
m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	3,687 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{св}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³
$\rho_{г,п}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °С)	2,282 кг/м³
$C_{ст}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_н$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

ΔP = 4,73 кПа.

3.6.1.2. Определение удельной пожарной нагрузки

Пожарная нагрузка на участке

№	Наименование	Горючая нагрузка	Масса	Теплота сгорания

1	Жидкая нагрузка_01	Ацетон	688,17 кг	31,36 МДж/кг

Удельная пожарная нагрузка определяется по формуле:

$$g = {}^{Q}/_{S} = 863{,}2 \text{ МДж/м}^2,$$

где:

Q –	суммарная пожарная нагрузка на участке	21581 МДж
S –	площадь участка (при площади менее 10 м², принимается значение 10 м²)	25 м²

Итого: $g = 863{,}2$ МДж/м².

3.6.2. Участок «Сценарий 2»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация подводящего трубопровода ацетона
Площадь	25 м²
Высота	0 м

3.6.2.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: <нет>

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Ацетон
Описание	C_3H_6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·м²)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.
Температура вспышки	-18 °C
Температура кипения	56,5 °C
Плотность жидкости	791 кг/м³
Удельная площадь разлива в помещении	1 м²/л
Константа Антуана A	6,37551

Аркона

Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0 м³
Температура жидкости	37 °C
Расчетное время отключения трубопроводов	120 с

Подводящие трубопроводы

№	Внутренний диаметр, м	Длина, м	Расход жидкости, м³/с
1	0,05	20	0,01

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0 м³.

Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 1,2 м³.

Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0,039 м³.

Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 1,239 м³.

Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 980,3 кг.

Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 25 м².

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

$$P_н = 10^{(A-B/(t+C_а))} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_а$ –	константа Антуана	237,088

АРКОНА

t –	расчетная температура жидкости	37 °С

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °С) не превышает температуру окружающей среды (37 °С), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

$$m = m_{\text{р}} + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр.}}$$

где $m_{\text{р}}$ — 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 определяется по формуле:

$$m = WF_{\text{и}}T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} = 0{,}00045059 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °С) воздушного потока над поверхностью испарения	1,2
M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_{\text{н}}$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости (37 °С)	50,026 кПа

$F_{\text{и}}$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	25	3600	40,553

Итого: масса паров жидкости составит 40,553 кг.

При определении массы газа или пара допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

Допускается учитывать постоянно работающую общеобменную вентиляцию, обеспечивающую концентрацию горючих газов и паров в помещении, не превышающую предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию, рассчитанную для аварийной вентиляции. Указанная общеобменная вентиляция должна быть оборудована резервными вентиляторами, включающимися автоматически при остановке основных. Электроснабжение указанной вентиляции должно осуществляться не ниже чем по первой категории надежности по ПУЭ.

Коэффициент K определяется по формуле:

$$K = AT + 1$$

и составляет K = 11; где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, A = 0,002778 с⁻¹; T – продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, T = 3600 с.

Аурона

Масса газа или пара, поступившего в помещение, с учетом работы аварийной вентиляции составляет 3,687 кг.

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0)\frac{mZ}{V_{св}\rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_н} = 4{,}73 \text{ кПа},$$

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа
m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	3,687 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{св}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³
$\rho_{г,п}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °C)	2,282 кг/м³
$C_{ст}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_н$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

ΔP = 4,73 кПа.

3.6.2.2. Определение удельной пожарной нагрузки

Пожарная нагрузка на участке

№	Наименование	Горючая нагрузка	Масса	Теплота сгорания
1	Жидкая нагрузка_01	Ацетон	980,263 кг	31,36 МДж/кг

Удельная пожарная нагрузка определяется по формуле:

$$g = {}^{Q}/_{S} = 1229{,}6 \text{ МДж/м}^2,$$

где:

Q –	суммарная пожарная нагрузка на участке	30741 МДж
S –	площадь участка (при площади менее 10 м², принимается значение 10 м²)	25 м²

Итого: g = 1229,6 МДж/м².

3.6.3. Участок «Сценарий 3»

Имя	Значение
Описание	Разгерметизация отводящего трубопровода

АРКОНА

	ацетона
Площадь	25 м²
Высота	0 м

3.6.3.1. Технологический аппарат «Жидкая нагрузка_01»

Описание: Мерник ацетона

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Ацетон
Описание	C_3H_6O
Теплота сгорания	31,36 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,06 кг/(с·м²)
Молярная масса	58,1 кг/кмоль
Нижний концентрационный предел распространения пламени	2,7 % об.
Температура вспышки	-18 °C
Температура кипения	56,5 °C
Плотность жидкости	791 кг/м³
Удельная площадь разлива в помещении	1 м²/л
Константа Антуана A	6,37551
Константа Антуана B	1281,721
Константа Антуана Ca	237,088
Максимальное давление взрыва	570 кПа
Стехиометрическая концентрация	2,37 % об.
Стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания	8,5

Свойства технологического аппарата:

Имя	Значение
Суммировать расчетное избыточное давление взрыва	Нет
Объем аппарата	0,87 м³

Аркона

Температура жидкости	37 °С

Отводящие трубопроводы

№	Внутренний диаметр, м	Длина, м
1	0,05	7

Определение массы жидкости, вышедшей из аппарата при аварии

Происходит авария аппарата «Жидкая нагрузка_01». Все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство, происходит одновременно утечка жидкости из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потокам.

Объем жидкости, вышедшей из аппарата, равен объему аппарата и составляет 0,87 м³.

Объем жидкости, вышедшей до отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{1т} = \sum qT$ и составляет 0 м³.

Объем жидкости, вышедшей после отключения трубопроводов, определяется по формуле $V_{2т} = \pi \sum(r^2 L)$ и составляет 0,014 м³.

Таким образом, объем жидкости, поступившей в окружающее пространство из аппарата и трубопроводов, составляет 0,884 м³.

Масса жидкости, вышедшей из аппарата и трубопроводов, составляет 699 кг.

Площадь разлива жидкости ограничена площадью участка и составляет 25 м².

Определение давления насыщенного пара жидкости

Давление насыщенного пара жидкости определено по формуле Антуана:

$$P_н = 10^{(A-B/(t+C_а))} = 50{,}026 \text{ кПа},$$

где:

A –	константа Антуана	6,37551
B –	константа Антуана	1281,721
$C_а$ –	константа Антуана	237,088
t –	расчетная температура жидкости	37 °С

Расчет массы паров жидкости

Поскольку температура жидкости (37 °С) не превышает температуру окружающей среды (37 °С), то, согласно формулам (А.11), (А.12) и (А.13), расчет массы паров жидкости выполняется следующим образом:

$$m = m_р + m_{емк} + m_{св.окр.}$$

где $m_р$ — масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг; $m_{емк}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг; $m_{св.окр.}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

При этом каждое из слагаемых определяется по формуле:

$$m = W F_и T,$$

где W – интенсивность испарения, определяемая по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_н = 0{,}00045059 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

где:

η –	коэффициент, принимаемый по таблице А.2 СП 12.13130.2009 в зависимости от скорости (0 м/с) и температуры (37 °С) воздушного потока над поверхностью испарения	1,2

АРКОНА

M –	молярная масса жидкости	58,1 кг/кмоль
$P_н$ –	давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости (37 °С)	50,026 кПа

$F_и$ – площадь испарения, м²; T – время испарения, с – приведены в таблице:

Источники испарения	Площадь, м²	Продолжительность испарения, с	Масса паров жидкости, кг
Поверхность разлива	25	3600	40,553

Итого: масса паров жидкости составит 40,553 кг.

При определении массы газа или пара допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

Допускается учитывать постоянно работающую общеобменную вентиляцию, обеспечивающую концентрацию горючих газов и паров в помещении, не превышающую предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию, рассчитанную для аварийной вентиляции. Указанная общеобменная вентиляция должна быть оборудована резервными вентиляторами, включающимися автоматически при остановке основных. Электроснабжение указанной вентиляции должно осуществляться не ниже чем по первой категории надежности по ПУЭ.

Коэффициент K определяется по формуле:

$$K = AT + 1$$

и составляет K = 11; где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, A = 0,002778 с⁻¹; T – продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, T = 3600 с.

Масса газа или пара, поступившего в помещение, с учетом работы аварийной вентиляции составляет 3,687 кг.

Расчет избыточного давления взрыва

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_0)\frac{mZ}{V_{св}\rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_н} = 4{,}73 \text{ кПа},$$

где:

P_{max} –	максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме	570 кПа
P_0 –	начальное давление	101 кПа
m –	масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение	3,687 кг
Z –	коэффициент участия горючих газов и паров в горении	0,3
$V_{св}$ –	свободный объем помещения	674,8 м³

Аркона

$\rho_{г,п}$ –	плотность газа или пара при расчетной температуре (37 °С)	2,282 кг/м³
$C_{ст}$ –	стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ	2,37 % об.
$K_н$ –	коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения	3

ΔP = 4,73 кПа.

3.6.3.2. Определение удельной пожарной нагрузки

Пожарная нагрузка на участке

№	Наименование	Горючая нагрузка	Масса	Теплота сгорания
1	Жидкая нагрузка_01	Ацетон	699,042 кг	31,36 МДж/кг

Удельная пожарная нагрузка определяется по формуле:

$$g = {}^{Q}/_{S} = 876{,}9 \text{ МДж/м}^2,$$

где:

Q –	суммарная пожарная нагрузка на участке	21922 МДж
S –	площадь участка (при площади менее 10 м², принимается значение 10 м²)	25 м²

Итого: g = 876,9 МДж/м².

3.6.4. Участок «Участок_01»

Имя	Значение
Описание	Участок с твёрдой горючей нагрузкой
Площадь	118,8 м²
Высота	0 м

3.6.4.1. Горючая нагрузка «Твердая нагрузка_01»

Описание: <нет>

Свойства горючего вещества:

Имя	Значение
Наименование	Электрокабель АПВГ, ПВХ-оболочка+полиэтилен
Описание	
Теплота сгорания	36,4 МДж/кг
Массовая скорость выгорания	0,024 кг/(с·м²)

Аркона

Критическая плотность теплового потока	0 кВт/м²

Свойства горючей нагрузки:

Имя	Значение
Масса	195,4 кг

3.6.4.2. Определение удельной пожарной нагрузки

Пожарная нагрузка на участке

№	Наименование	Горючая нагрузка	Масса	Теплота сгорания
1	Твердая нагрузка_01	Электрокабель АПВГ, ПВХ-оболочка+полиэтилен	195,4 кг	36,4 МДж/кг

Удельная пожарная нагрузка определяется по формуле:

$$g = {}^{Q}/_{S} = 59{,}9 \text{ МДж/м}^2,$$

где:

Q –	суммарная пожарная нагрузка на участке	7112,6 МДж
S –	площадь участка (при площади менее 10 м², принимается значение 10 м²)	118,8 м²

Итого: $g = 59{,}9$ МДж/м².

3.6.5. Определение категории помещения

Согласно п. 5.2 СП 12.13130.2009, определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1 СП 12.13130.2009, от высшей (А) к низшей (Д).

Рассчитанное избыточное давление взрыва на участках:

Участок	Рассчитанное избыточное давление взрыва
Сценарий 1	4,73 кПа
Сценарий 2	4,73 кПа
Сценарий 3	4,73 кПа

В помещении нет участков, рассчитанное избыточное давление взрыва для которых превышает 5 кПа, поэтому необходимо выполнить проверку помещения на отношение к пожароопасным категориям В1-В4.

Согласно п. 5.2 СП 12.13130.2009, определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1 СП 12.13130.2009, от высшей (А) к низшей (Д).

Аркона

В рассматриваемом помещении отсутствуют горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и 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. Таким образом, помещение **не следует относить к помещениям категории А**.

В помещении отсутствуют горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Следовательно, помещение **не следует относить к помещениям категории Б.**

Ниже приведен расчёт с целью определения отношения помещения к категориям В1-В4.

Расчетные характеристики участков:

Наименование	g	$Q \geq 0{,}64gH^2$	Площадь	qкр	H	Lпр.	L
Сценарий 2	1229,6 МДж/м²	Нет	-	-	-	-	-
Сценарий 3	876,9 МДж/м²	Нет	-	-	-	-	-
Сценарий 1	863,2 МДж/м²	Нет	-	-	-	-	-
Участок_01	59,9 МДж/м²	-	118,8 м²	-	-	-	-

где: g – удельная пожарная нагрузка на участке, определяемая по формуле (Б.2) СП 12.13130.2009;

"$Q \geq 0{,}64gH^2$" – выполняется ли условие (Б.5) СП 12.13130.2009;

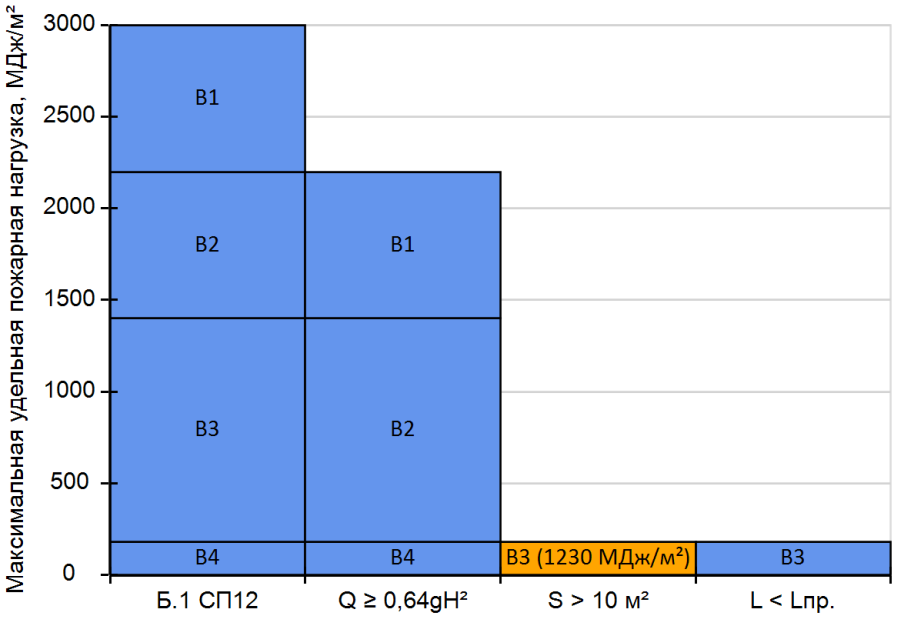
qкр – критическая плотность падающих лучистых потоков;

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

Lпр – предельное (допустимое) расстояние до соседнего участка;

Lmin – минимальное расстояние до соседнего участка.

Аркона



Вывод: согласно п.п. Б.1, Б.2 СП 12.13130.2009 помещение относится к категории В3.

Аркон

4. Рассчитанные категории помещений

	Ограничение площади растекания, м²	Объём аварийной ёмкости, поддона, м³	Кратность вентиляции, ч⁻¹	Категория
Вариант 0	Без ограничения	-	-	**А**
Вариант 1	2,8	Прим.1	-	**В1**
Вариант 2	5,0	Прим.1	1	**В1**
Вариант 3	10,0	Прим.1	3	**В1**
Вариант 4	25,0	Прим.1	10	**В3**

Примечание 1.

Для сценария 1 (Разгерметизация мерника) обеспечивается слив ацетона в поддон или аварийную ёмкость, объёмом не менее максимальной загрузки мерной ёмкости - 870 л.

Для сценария 2 (Разгерметизация подводящего трубопровода) обеспечивается слив ацетона в поддон или аварийную ёмкость, объёмом не менее объёма подаваемого насосом ацетона за время до прекращения подачи (при ручном выключении – 300 с, при автоматическом – 120 с, при автоматическом с резервированием – фактическое время отключения).

Для сценария 3 (Разгерметизация отводящего трубопровода) обеспечивается слив ацетона в поддон или аварийную ёмкость, объёмом не менее максимальной загрузки мерной ёмкости - 870 л. При совместном применении поддона и аварийной ёмкости, объём поддона может быть уменьшен на величину объёма ацетона сбрасываемого в аварийную ёмкость за время стекания ацетона в поддон через отводящий трубопровод.

Ниже представлены результаты расчёта истечения ацетона из расходного мерника через отводящий трубопровод.

Исходные данные:

Диаметр отверстия, м	0,05	
площадь отверстия, м²	0,00785398	
высота расположения отверстия, м	+7,0	
площадь сечения резервуара, м²	0,658	
начальная высота столба жидкости в резервуаре, м	1,8	
плотность жидкости, кг/м³	790,5	при температуре 20°С
коэффициент истечения, μ	0,62	Расход через малое незатопленное отверстие в тонкой стенке

время, с	массовый расход, кг/с	масса вытекшей жидкости, кг	объём, м3
0	22,87542646	0,00	0,00
2	22,31652129	45,75	0,06
4	21,75761612	90,38	0,11
6	21,19871095	133,90	0,17
8	20,63980579	176,30	0,22

Аронна

10	20,08090062	217,58	0,28
12	19,52199545	257,74	0,33
14	18,96309028	296,78	0,38
16	18,40418511	334,71	0,42
18	17,84527995	371,52	0,47
20	17,28637478	407,21	0,52
22	16,72746961	441,78	0,56
24	16,16856444	475,23	0,60
26	15,60965927	507,57	0,64
28	15,05075411	538,79	0,68
30	14,49184894	568,89	0,72
32	13,93294377	597,88	0,76
34	13,3740386	625,74	0,79
36	12,81513343	652,49	0,83
38	12,25622827	678,12	0,86
40	11,6973231	702,63	0,89

Зона по 123-ФЗ: **2-й класс**
Зона по ПУЭ**: В-Iа**

Результаты во всех вариантах справедливы при условии соответствия принятых в расчётах характеристик помещения и технологического процесса.

В соответствии с п.А.2.3 СП12.13130.2009 допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

Также допускается учитывать постоянно работающую общеобменную вентиляцию, обеспечивающую концентрацию горючих газов и паров в помещении, не превышающую предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию. Указанная общеобменная вентиляция должна быть оборудована резервными вентиляторами, включающимися автоматически при остановке основных. Электроснабжение указанной вентиляции должно осуществляться не ниже чем по первой категории надежности по ПУЭ.

АРКОНА

5. Приложения

Исходные данные представленные заказчиком

6. Нормативные ссылки и справочные данные

1. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. Измененная редакция, Изм. № 1.

2. ГОСТ 12.1.044-89*. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

3. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с изм., утв. приказом МЧС России от 9 декабря 2010 г. № 643).

4. НПБ 23-2001. Пожарная опасность технологических сред. Номенклатура показателей.

5. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справ. изд.: в 2 книгах / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. − М.: Химия, 1990. – ISBN 5-7245-0408-1.

6. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. − М.: Ассоциация «Пожнаука», 2004. − ISBN 5-901283-02-3.

7. Пособие по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» / И.М. Смолин, Н.Л. Полетаев, Д.М. Гордиенко, Ю.Н. Шебеко, Е.В. Смирнов. М.: ВНИИПО, 2014. – 147 с.

8. Земский Г.Т., Зуйков А.В. Категорирование помещений с наличием летучих жидкостей // Пожарная безопасность. – 2013. – №1. – С. 39-45.

9. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118с.

10. А.А. Абашкин, А.В. Карпов, Д.В. Ушаков, М.В. Фомин, А.Н. Гилетич, П.М. Комков. Пособие по применению «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности». – М.: ВНИИПО, 2012. – 83 с.

11. Правила устройства электроустановок. Издание седьмое.

Аркона