ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ СИСТЕМ МЕСТНЫХ ОТСОСОВ

СТО ГАЗПРОМ РД 1.2-138-2005

gost.e-ecolog.ru

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "ГАЗПРОМ"

Дочернее открытое акционерное общество "Газпроектинжиниринг"
(ДОАО Газпроектинжиниринг")

Общество с ограниченной ответственностью
"Информационно-рекламный центр газовой промышленности"
(ООО "ИРЦ Газпром")

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ СИСТЕМ МЕСТНЫХ ОТСОСОВ

СТО Газпром РД 1.2-138-2005

Дата введения 2005-2-11

ПРЕДИСЛОВИЕ

РАЗРАБОТАН Дочерним открытым акционерным обществом "Газпроектинжиниринг" (ДОАО "Газпроектинжиниринг") (Капишников Е.В., Ошеров С.Б., Белоусов А.Н., Литвинова Г.Ж., Зольников О.К.) при участии ФГУ ВНИИПО МЧС России (д.т.н. Ю.Н. Шебеко, д.т.н. Л.П. Вогман, д.т.н. Б.И. Горшков)

СОГЛАСОВАН Департаментом стратегического развития
Департаментом по транспортировке, подземному хранению и использованию газа
Юридическим департаментом
Департаментом капитального строительства и транспорта
Главным Управлением Государственной противопожарной службы (ГУГПС) МЧС России

ВНЕСЕН Управлением проектирования и технического нормирования Департамента стратегического развития

УТВЕРЖДЕН Заместителем Председателя Правления ОАО "Газпром" А.Г. Ананенковым

ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Распоряжением ОАО "Газпром" от 14 января 2005 г, № 3 с 11 февраля 2005 г

ИЗДАН Обществом с ограниченной ответственностью "Информационно-рекламный центр газовой промышленности" (ООО "ИРЦ Газпром")

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий СТО Газпром РД "Методика оценки пожаровзрывоопасности систем местных отсосов" (далее Методика) разработан в развитие требований, предъявляемых к вытяжной вентиляции, согласно действующим нормам и правилам в области пожарной безопасности, и содержит положения, регламентирующие порядок оценки пожаровзрывоопасности систем местных отсосов для удаления горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, аэрозолей и горючих пылей.

Разработанная Методика предназначена для специалистов организаций ОАО "Газпром", а также других смежных отраслей при проектировании и эксплуатации систем вытяжной вентиляции.

Методика дает возможность достоверно оценить пожаровзрывоопасность систем местных отсосов, выбрать оптимальный вариант их исполнения и определить условия объединения местных отсосов в одну вентиляционную систему при удалении смесей с воздухом горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, окислителей с обоснованием

совместимости удаляемых веществ и возможности их конденсации.

Настоящая Методика позволит расширить нормативную базу собственных документов ОАО "Газпром", оптимизировать уровень соотношения пожаровзрывобезопасности систем вентиляции (местных отсосов) и затрат на их устройство и в целом повысить уровень пожаровзрывобезопасности объектов ОАО "Газпром" при их проектировании, реконструкции и эксплуатации.

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Настоящий СТО Газпром следует применять при проектировании и эксплуатации систем местных отсосов в помещениях производственного и складского назначения в развитие требований, предъявляемых к вытяжной вентиляции действующими нормами и правилами по обеспечению пожаровзрывобезопасности при удалении пожароопасных пылей, смесей горючих газов (ГГ), паров легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), горючих жидкостей (ГЖ) и окислителей с воздухом, а также при разработке встроенных местных отсосов для нового и реконструируемого технологического оборудования.

1.2 Методика направлена на выполнение требований к системе предотвращения пожара по ГОСТ 12.1.004-91* и взрывопредупреждению по ГОСТ 12.1.010-76 в части полдержания концентраций пылей, ГГ, паров ЛВЖ, ГЖ и окислителей в смеси с воздухом вне пределов их воспламенения и взрывчатого превращения.

1.3 При оценке пожаровзрывоопасности систем местных отсосов следует исходить не только из нормальных условий работы технологического оборудования, но и из возможных его аварийных ситуаций, при которых могут образовываться пожаровзрывоопасные смеси пылей, ГГ, паров ЛВЖ и ГЖ с воздухом в концентрациях, превышающих безопасную концентрацию ($\varphi_{г.без.}$) по ГОСТ 13.1.044-89, а также пожаровзрывоопасные вещества в количествах, способных взрываться или гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами.

1.4 При определении аварийной ситуации не следует учитывать оборудование, вероятность аварийного состояния для которого при воздействии опасных факторов пожара и взрыва на людей не превышает 10^6 в год по ГОСТ 12.1.004-91* и ГОСТ 12.1.010-76 в расчете на одного человека. Такое оборудование необходимо оценивать по его нормальной работе.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем нормативном документе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 12.1.004-91* ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования,

ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ Взрывобезопасность. Общие требования.

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

ГОСТ Р 12.3.047-98 ССБТ Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

ГОСТ Р 1.5-2002 Государственная система стандартизации Российской Федерации. Общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению.

ГН 2.2.5.1313-2003 Гигиенические нормативы. "Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны".

СНиП 23-01-99* Строительная климатология.

СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование.

НПБ 01-93. Порядок разработки и утверждения нормативных документов Государственной противопожарной службы МЕД России.

НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

ВНТП 03/170/567-37 Противопожарные нормы проектирования объектов Западно-Сибирского нефтегазового комплекса.

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник под редакцией А.Я. Корольченко. – М.: Пожнаука, 2004.

3 ПОРЯДОК АКТУАЛИЗАЦИИ ДОКУМЕНТА

3.1 Актуализация настоящей Методики проводится не реже одного раза в пять лет Управлением проектирования и технического нормирования ОАО "Газпром" или по его

поручению ДОАО "Газпроектинжиниринг" и включает в себя проверку соответствия документа потребностям производства, обязательным требованиям действующих государственных стандартов и строительных норм и правил, современным достижениям науки и техники в области вентиляции и пожаровзрывобезопасности объектов,

3.2 Результаты проверки оформляются актом, который содержит заключение о необходимости изменения, пересмотра, отмены документа или о целесообразности его дальнейшего применения без изменений.

4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1 Опасность возникновения взрывов и пожаров определяется, прежде всего, физико-химическими свойствами горючих газов (в том числе природного газа), паров ЛВЖ, ГЖ и горючих пылей, воспламенение которых при ошибочной оценке развития аварийных ситуаций может привести к катастрофическим последствиям. Степень взрывной и пожарной опасности зависит также от особенностей технологического процесса производства, обращающихся веществ и их количества, вида исполнения оборудования. Пожары и взрывы на газотранспортных объектах развиваются по следующей схеме: авария, утечка газа, образование облака взрывоопасной смеси, воспламенение его от источника зажигания, горение (взрыв) газа, нагревание и разрушение технологического оборудования под воздействием пламени (взрыва).

При авариях в помещениях взрывоопасные концентрации газа возникают в первую очередь вблизи места утечки газа, а затем рас п рос-гран лютен по всему помещению. При этом в зависимости от конфигурации здания возможны условия для детонационного горения.

В настоящее время производственные и складские помещения объектов ОАО "Газпром" оборудованы в основном системами общеобменной вытяжной и аварийной вентиляции.

Системы местных отсосов от мест возможных утечек газа в ряде случаев не предусмотрены.

4.2 Настоящая Методика содержит положения, регламентирующие порядок оценки пожаровзрывоопасности систем местных отсосов для удаления горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, аэрозолей и горючих пылей (далее по тексту - систем местных отсосов), а также требовании пожаровзрывобезопасности к проектированию технологического оборудования с местными отсосами.

4.3 Пожаровзрывоопасность систем местных отсосов обуславливается возможностью образования горючих паро-, газо-, пыле воздушных смесей в воздуховодах и очистных устройствах или образованием в них горючих отложений, в том числе и склонных к самовозгоранию.

Источниками воспламенения удаляемых горючих смесей могут быть:

- искры и загорание в производственном оборудовании;
- искры трения или удара лопастей вентилятора о кожух или воздуховоды;
- самовозгорание отложений;
- перегрев электрических контактов и электродвигателей вентиляторов;
- статическое электричество и др.

4.4 Технические решения, обеспечивающие пожарную безопасность сметем местных отсосов, должны разрабатываться на основе:

- требований СНиП 41-01-2003, предъявляемых к оборудованию, воздуховодам, размещению оборудования и помещениям для оборудования систем местных отсосов;
- мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации местных отсосов в зависимости от пожаровзрывоопасных свойств транспортируемых веществ и материалов.

4.5 Определение пожаровзрывоопасных свойств веществ и материалов производится на основании результатов испытаний или расчетов по ГОСТ 12.1.044-89 с учетом параметров их состояния (давления, температуры и т.д.).

Допускается использование справочных данных, опубликованных головными научно-исследовательскими организациями в области пожарной безопасности, выданных Государственной службой стандартных справочных данных или организациями, имеющими лицензию на проведение таких работ, а также использование показателей пожарной опасности для смесей веществ по наиболее опасному компоненту.

4.6 При оценке пожаровзрывоопасности систем местных отсосов в качестве расчетной ситуации следует принимать наиболее неблагоприятное состояние технологического и вентиляционного оборудования, стадии технологического процесса (с учетом п. 1.4), при которых могут образоваться пожаровзрывоопасные газо-, паро- или пылевоздушные смеси, а также вещества, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами.

4.7 Системы местных отсосов следует проектировать так, чтобы концентрация удаляемых горючих газов, паров, аэрозолей и пылей в воздухе не превышала 50% нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР) при температуре удаляемой смеси.

4.8 Категорию помещений по пожарной и взрывопожарной опасности для оборудования местных отсосов следует устанавливать расчетом в соответствии с НПБ 105-03.

5 ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ К СИСТЕМАМ МЕСТНЫХ ОТСОСОВ

5.1 Системы местных отсосов горючих газо-, паро- или пылевоздушных смесей следует проектировать отдельными от системы общеобменной вентиляции. При этом удаление горючих газов, паров и пылей от технологического оборудования следует предусматривать отдельным для веществ, соединение которых может образовать горючую смесь или создать более пожароопасные вещества.

Возможность объединения местных отсосов горючих веществ в общие системы должна быть обоснована в технологической части проекта.

5.2 Если удаляемые горючие вещества способны конденсироваться или накапливаться в воздуховодах или вентиляционном оборудовании, то для таких веществ системы местных отсосов следует предусматривать отдельными для каждого помещения или каждой единицы оборудования. Образующиеся отложения в оборудовании и воздуховодах должны быть проверены на склонность к самовозгоранию и при необходимости определить условия теплового самовозгорания и периодичность очистки технологического оборудования от отложений.

5.3 Системы местных отсосов взрывоопасных смесей следует предусматривать с резервным вентилятором для каждой системы или двух систем, если при остановке вентилятора не может быть прекращено выделение горючих газов или паров и концентрация горючих газов или паров в помещении превысит 0,1 НКПР. Если снижение концентрации в воздухе помещения до 0,1 НКПР может быть обеспечено предусмотренной автоматически включаемой аварийной вентиляцией, резервный вентилятор допускается не предусматривать.

В системах местных отсосов, не имеющих резервных вентиляторов, должно быть предусмотрено автоматическое блокирование вентиляторов с технологическим оборудованием, обеспечивающее остановку технологического оборудования при выходе из строя вентилятора, а при невозможности остановки технологического оборудования - включение аварийной вентиляции.

5.4 Оборудование систем местных отсосов из помещений категорий А и Б по пожарной и взрывопожарной опасности должно быть предусмотрено во взрывозащищенном исполнении, а оборудование и воздуховоды заземлены в соответствии с требованиями ПУЭ.

Если системы местных отсосов размещены в помещениях категории В1-В4, Г и Д и возможность образования взрывоопасной концентрации смеси при нормальной работе или аварии технологического оборудования исключена, оборудование систем может быть применено в обычном исполнении.

5.5 Оборудование систем местных отсосов допускается размещать в обслуживаемых ими помещениях.

Оборудование систем местных отсосов из помещений категорий А и Б не допускается размещать в помещениях подвалов и вместе с оборудованием других систем в общем помещении для вентиляционного оборудования.

Оборудование систем местных отсосов из помещений категорий А и Б без пылеуловителей или с мокрыми пылеуловителями допускается размещать в общем помещении для вентиляционного оборудования вытяжных систем общеобменной вентиляции для помещений категорий А и Б, если в воздуховодах исключены отложения горючих веществ.

5.6 В помещениях для оборудования систем местных отсосов из помещений категорий А и Б не следует предусматривать места для тепловых пунктов, водяных насосов, выполнения ремонтных работ, регенерации масла и других целей.

5.7 Воздуховоды систем местных отсосов в целях предотвращения поступления в помещение продуктов горения (дыма) во время пожара должны быть оборудованы:

- противопожарными клапанами в местах пересечения воздуховодами противопожарной преграды или перекрытия помещений категории А, Б или В1–В3 с пределами огнестойкости, определяемыми соответствующими требованиями СНиП 41-01-2003;
- обратными клапанами на отдельных воздуховодах для каждого помещения категории А, Б

или В1-В3 в местах присоединения их к сборному воздуховоду или коллектору;

- в случае устройства самостоятельной системы для одного отсоса или группы отсосов, расположенных в одном помещении, достаточно транзитный воздуховод выполнить с требуемой степенью огнестойкости, без установки огнезадерживающего клапана.

5.8 Воздуховоды систем местных отсосов по всей их протяженности должны быть выполнены из негорючих материалов.

5.9 Предел огнестойкости транзитных воздуховодов систем местных отсосов из помещений категорий А и Б должен определяться в соответствии с табл. 2 СНиП 41-01-2003.

5.10 Воздуховоды систем местных отсосов и помещений категорий А и Б не следует прокладывать в подвалах и подпольных каналах. Напорные участки воздуховодов не следует прокладывать через другие помещения. Допускается прокладывать указанные воздуховоды сварными класса П без разъемных соединений,

5.11 Воздуховоды систем местных отсосов смеси воздуха с горючими газами легче воздуха следует проектировать с подъемом не менее 0,005 в направлении движения газовоздушной среды. Воздуховоды, в которых возможна конденсация влаги или других жидкостей, должны выполняться с уклоном не менее 0,005 в сторону движения воздуха и снабжаться дренированием в нижних точках воздуховодов.

5.12 Расстояние от источников выброса систем местных отсосов из помещений категорий А и Б до ближайших источников зажигания (искры, нагретые поверхности, газы с высокой температурой и др.) L, м, следует принимать не менее:

$$L = 40D\frac{k_y}{k} \geq 10,$$

где D - диаметр устья источника выброса, м;

k_y - концентрация горючих газов или паров а устье выброса, кг/м^3;

k - концентрация горючих газов или паров, равная нижнему концентрационному пределу распространения пламени, кг/м^3.

6 РАСЧЕТ РАСХОДА ВОЗДУХА В СИСТЕМАХ МЕСТНЫХ ОТСОСОВ

6,1 Минимальный расход воздуха в местных отсосах, обеспечивающий удаление горючих газов, паров, аэрозолей и пыли с концентрацией не превышающей 50% нижнего концентрационного предела распространения пламени при температуре удаляемой смеси, q, м^3/определяется по формуле

$$q = \frac{2m}{k}, \qquad (1)$$

где k - нижний концентрационный предел распространения пламени вещества при температуре удаляемой смеси, кг/м^3.

m - скорость поступления взрывоопасного вещества в местный отсос, кг/с.

Количество взрывоопасных веществ, поступающих в местный отсос в единицу времени (m), определяется на основании результатов испытаний или рассчитывается по приведенным ниже соотношениям зависимости от их агрегатного состояния, физико-химических свойств и условий применения.

6.2 Расход воздуха в воздуховодах, к которым присоединяются местные отсосы, Q, м^3/с определяется в соответствии с выражением

$$Q = \sum_{1}^{n} q_i, \qquad (2)$$

где n - количество местных отсосов, присоединяемых к воздуховоду.

6.3 Для герметично закрытых аппаратов с неразъемными и разъемными соединениями, работающими под давлением, утечка паров и газов через неплотности аппаратов и соединений m_y, кг/с, рассчитывается по формуле

$$m_y = K \cdot C \cdot V\sqrt{\frac{M}{T_p}}, \qquad (3)$$

где K - коэффициент, учитывающий степень износа производственного оборудования, принимается в пределах от 1 до 2;

C - коэффициент, зависящий от давления паров и газов в аппарате и принимаемый по табл. 1;

V - внутренний (свободный) объем аппаратов и коммуникаций, находящихся пол давлением, м^3;

M - молярная масса газов или паров, находящихся пол давлением в аппаратах, кг/кмоль;

$T_р$ - температура паров или газов, находящихся в аппаратах, К.

6.4 Количество паров и газов, выделяющихся через сальниковые уплотнения одного насоса, принимается в соответствии с табл. 2.

Таблица 1

Значение коэффициента C

Рабочее давление P, кПа (атм.)	Менее 101 (1)	101 (1)	606 (6)	1616 (16)	4040 (40)	16160 (160)	40400 (400)	101000 (1000)
Величина C	$3,36\cdot10^{-5}$	$4,6\cdot10^{-5}$	$5,06\cdot10^{-5}$	$5,25\cdot10^{-5}$	$7,00\cdot10^{-5}$	$8,28\cdot10^{-5}$	$8,78\cdot10^{-5}$	$1,03\cdot10^{-4}$

Таблица 2

Количество паров и газов на один насос, выделяющееся через сальниковые уплотнения

Переучиваемые продукты	Вещества, характеризующие утечку	Расход, 10^{-4} кг/с
Темные нефтепродукты при температуре 100-350 °С	Тяжелые углеводорода	1,39
Светлые нефтепродукты при температуре до 60 °С	Легкие углеводороды	2,78
Сжиженные газы	Бутан-бутилен	9,94
Раствор масла в толуоле	Пары толуола	0,403
Бензол	Пары бензола	1,25

или рассчитываются по формулам (кг/с):

- для поршневых насосов, перекачивающих легкие, холодные нефтепродукты

$$m_п = 2,78\cdot10^{-5}\cdot p\cdot A\cdot\sqrt{P}, \quad (4)$$

где p - периметр штока насоса, м;

P - рабочее давление, создаваемое насосом, кПа;

A - коэффициент, принимаемый равным 5 для высоколетучих жидкостей и равным 2,5 –д ля обычных бензинов и керосинов;

- для центробежных насосов при перекачке легких жидкостей

$$m_ц = -1,57\cdot10^{-7}\cdot d\cdot\rho_ж\cdot\sqrt{P}, \quad (5)$$

где d - диаметр вала насоса м;

$\rho_ж$ - плотность жидкости, кг/м^3;

P - рабочее давление насоса, кПа.

6.5 Масса водорода, образующаяся в единицу времени при зарядке нескольких батарей, $m_ч$, кг/с, рассчитывается по формуле

$$m_н = 1,04\cdot10^{-8}\cdot\left(1+\frac{T_р}{273}\right)\sum_1^k I_i\cdot N_i, \quad (6)$$

где $T_р$ - расчетная температура, К;

I_i - максимальный зарядный ток i-й батареи, А;

N_i - количество аккумуляторных элементов в i-й батарее;

k - число аккумуляторов.

Выражение (6) применяется для аккумуляторов, не снабженных системой рекомбинации водорода. Если аккумуляторы снабжены указанной выше системой, то скорость поступления водорода принимается по данным предприятия-изготовителя.

6.6 Скорость поступления паров при испарении с поверхности разлитой жидкости, не нагретой выше температуры окружающей среды, или из открытых емкостей, $m_ж$, кг/с, определяется по формуле

$$m_ж = 10^{-6}\eta\sqrt{M}\cdot P_н\cdot F_ж, \quad (7)$$

где η - коэффициент, принимаемый по табл. 3 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;

M - молярная масса, кг/кмоль;

$P_н$ - давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, кПа;

$F_ж$ - площадь испарения, м^2.

Таблица 3

Зависимость коэффициента η от температуры и скорости воздушного потока

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

6.6.1 Площадь испарения с поверхности разлившейся жидкости ($F_ж$) принимается исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70% и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,5 м^2, а для остальных жидкостей и сжиженных углеводородных газов (СУГ) - 1 м^2.

Площадь испарения при наличии преград, препятствующих растеканию жидкостей, принимается равной площади, ограниченной бортиками или другими ограждениями, если будет обосновано, что указанные преграды выполняют свои функции при возникновении аварии в соответствии с п. 4.6.

6.6.2 Давление насыщенных паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при расчетной температуре воздушного потока $P_н$ определяется по уравнению

$$P_н = (10^{A-\frac{B}{C+t_р}}) \cdot \chi, \qquad (8)$$

где A, B, C - константы уравнения Антуана, принимаются по табл. Г1 и Г2, прилож. Г или по справочным данным;

$t_р$ - расчетная температура воздушного потока, °С;

χ - объемная доля горючей жидкости в смеси (для чистых горючих жидкостей $\chi = 1$).

6.7 Интенсивность испарения при проливе сжиженных углеводородных газов, при температуре подстилающей поверхности от -50 до +40 °С, $m_{СУГ}$, кг/(м^2·с) допускается рассчитывать по формуле

$$m_{СУГ} = \frac{10^{-3} M}{L_{исп}} (T_0 - T_ж) \left(\frac{0,2\lambda_{ТВ}}{\sqrt{\pi \cdot \alpha}} + \frac{5,1 \cdot \lambda_в \cdot \sqrt{\mathrm{Re}}}{d} \right), \qquad (9)$$

где M - молярная масса СУГ, кг/ кмоль;

$L_{исп}$ - мольная теплота испарения СУГ при начальной температуре СУГ, Дж/моль;

T_0 - начальная температура материала, на поверхность которого разливается СУП соответствующая расчетной температуре $t_р$, К;

$T_ж$ - начальная температура СУГ. К;

$\lambda_{ТВ}$ - коэффициент теплопроводности материала, на поверхность которого разливается СУГ, Вт/(м·К);

α - эффективный коэффициент температуропроводности материала, на который проливается СУГ, м^2/с;

$\mathrm{Re} = \frac{u \cdot d}{v}$ - число Рейнольдса (u - скорость воздушного потока, м/с; d - характерный размер (наибольшая длина поверхности испарения, допускается брать подкоренное значение площади испарения) м; v - кинематическая вязкость воздуха при расчетной температуре $t_р$, (м^3/с);

$\lambda_в$ - коэффициент теплопроводности воздуха при расчетной температуре $t_р$, Вт/(м·К).

Значения теплофизических констант для некоторых сжиженных углеводородных газов приведены в табл. Г3 прилож. Г

6.8 Значение нижнего концентрационного предела распространения пламени k (кг/м^3), для заданных веществ и материалов определяется по справочным данным в соответствии с требованиями п. 4.5 или рассчитывается по данным табл. Г1, Г2прилож. Г по формуле

$$k = \frac{\varphi \cdot M}{100 \cdot V_o (1 + 0,00367 \cdot t_р)}, \qquad (10)$$

где φ - нижний концентрационный предел распространения пламени при расчетной температуре, % (об.);

V_o - мольный объем, равный 22,413 м^3/кмоль.

6.9 Нижний концентрационный предел распространения пламени φ, (% об.) при расчетной температуре определяется по выражению

$$\varphi = \varphi_o \left(-\frac{T_p - T_0}{1550 - T_0} \right), \tag{11}$$

где T_p - расчетная температура, К;

T_0 - температура, при которой определен предел распространения пламени φ_o (% об.), К.

6.10 Давление взрыва (кПа) создаваемое при сгорании горючих веществ в помещении, рассчитывается по формуле

$$\Delta P = \frac{1{,}19 \cdot 10^{-4} \cdot M_i \cdot H_i \cdot Z_i}{V_{св}}, \tag{12}$$

где M_i - масса i-го вещества, поступающего в помещение в течение часа, кг;

$$M_i = 3600 \cdot m_i, \tag{13}$$

m_i - масса i-го вещества, поступающего в помещение в единицу времени, кг/с;

H_i - теплота сгорания i-го вещества, Дж/кг;

Z_i - коэффициент участия i-го вещества во взрыве (определяется по табл. 2 НПБ 105-03);

$V_{св}$ - свободный объем помещения, м^3. При отсутствии данных допускается принимать равным 80% геометрического объема помещения.

Если время поступления вещества меньше 1 ч, то в формулу (12) вместо M_i следует подставлять массу этого вещества.

При ΔP *больше* (>) 5 кПа помещение является взрывопожароопасным и относится к категории А или Б по НПБ 105-03 в зависимости от вида обращающихся в нем веществ и материалов.

При ΔP *не больше* (≤) 5 кПа помещение не является взрывоопасным и относится к категориям В1-В4. Рассчитывается согласно НПБ 105-03.

6.11 Определяется концентрация горючих веществ $k_п$ (кг/м^3), образующаяся в помещении при остановке вентилятора местных отсосов и продолжающейся работе технологического оборудования:

$$k_п = \frac{M_i}{V_{св}}. \tag{15}$$

Вычисляется отношение:

$$\psi = \frac{k_п}{k} \tag{16}$$

и в соответствии с п. 5.3 определяется необходимость оборудования систем местных отсосов резервным вентилятором.

6.12 Плотность горючих веществ по отношению к воздуху, ν, определяется по отношению:

$$\nu = \frac{\rho}{\rho_в},$$

где ρ - плотность горючего вещества при расчетной температуре, кг/м^3;

$\rho_в$ - плотность воздуха при расчетной температуре, принимается равной 1,2 кг/м^3.

Плотность горючих веществ принимается из справочной литературы или рассчитывается по формуле (для газов и паров);

$$\rho = \frac{M}{V_o(1 + 0{,}00367 \cdot t_p)},$$

тогда формула (16) будет иметь вид:

$$\nu = \frac{M}{1{,}2 \cdot V_o(1 + 0{,}00367 \cdot t_p)}. \tag{17}$$

По величине ν определяется необходимость устройства подъема воздуховода. Необходимость устройства уклона определяется возможностью конденсации, которая определяется в разделе 8.

7 ОБОСНОВАНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ ВЕЩЕСТВ ПРИ РЕШЕНИИ ВОПРОСА ОБ ОБЪЕДИНЕНИИ МЕСТНЫХ ОТСОСОВ В ОБЩИЕ СИСТЕМЫ

7.1 Местные отсосы от оборудования для удаления ГГ, паров ЛВЖ и ПК и окислителей допускается объединять в общие системы, если это не противоречит требованиям п. 7.2.12.

СНиП 41-01-2003 и указанные вещества совместимы по данным технологической части проекта или в соответствии с испытаниями по ГОСТ 12.1.044-89 (п. 4.15), а также данными расчетов энергии Гиббса и справочными данными.

7.2 Возможность совместного удаления веществ системой местных отсосов определяется на основе учета показателей их пожарной опасности и химической активности.

7.3 При отсутствии экспериментальных и справочных данных совместимость веществ допускается определять расчетом стандартной энергии Гиббса ΔJ° которая является мерой реакционной способности реагирующих веществ и может быть определена из справочной литературы. Реакции между веществами, сопровождающиеся большой потерей энергии Гиббса, протекают самопроизвольно (без затраты работы извне и до конца) и приобретают характер активного взаимодействия. В этих реакциях изменение энергии Гиббса отрицательно, т.е. в исходном состоянии системы (у реагирующих веществ) она больше, чем в конечном состоянии (у продуктов реакции).

Реакции, протекающие с затратой работы, не способны идти самопроизвольно, и изменение энергии Гиббса для них положительно.

7.4 По стандартным энергиям Гиббса образования продуктов реакции и исходных веществ можно вычислить энергию химической реакции, отвечающую изменению стандартной энергии Гиббса, сопровождающей данный процесс. Изменение стандартной энергии Гиббса при реакции равно разности между суммой стандартных энергий Гиббса образований продуктов реакции и суммой стандартных энергий Гиббса образования исходных веществ.

$$\Delta J^\circ = \sum_{\text{ПРОД}}^{n} v_i (\Delta J_f^\circ) - \sum_{\text{ИСХ}}^{n} v_j (\Delta J_f^\circ), \qquad (18)$$

где $(\Delta J_f^\circ)_{\text{ПРОД}}$, $(\Delta J_f^\circ)_{\text{ИСХ}}$ - энергия Гиббса образования соответственно конечных продуктов и исходных веществ, участвующих в реакции;

v_i, v_j - стехиометрические коэффициенты соответственно для i-го конечного продукта реакции и для j-го исходного вещества, участвующих в реакции;

m, n - число исходных веществ и число продуктов реакции.

7.5 Критерием самопроизвольного процесса в нестандартных условиях принимается условие ΔJ° *намного меньше* 0. Критерием невозможности процесса (т.е. совместимости веществ) *принимается неравенство* ΔJ° *намного больше* 0.

7.6 В качестве критической величины, определяющей совместимость или несовместимость веществ, принимается ΔJ° = минус 4,18 кДж·моль$^{-1}$. Если для реакции расчетом получено $\Delta J^\circ <$ минус 41,8 кДж·моль$^{-1}$, то реакция возможна не только в стандартных, но и в нестандартных условиях. При значении ΔJ° от минус 41,8 кДж·моль$^{-1}$ до плюс 41,8 кДж·моль$^{-1}$ вещества следует относить к пожаровзрывоопасным и несовместимым в системах местных отсосов. Если $\Delta J^\circ >$ плюс 41,8 кДж·моль$^{-1}$, то процесс взаимодействия веществ невозможен как в стандартных, так и в иных условиях и вещества совместимы.

7.6.1 Пример расчетного обоснования совместимости веществ для решения вопроса *объединения местных отсосов в одну систему.*

Установить возможность использования негорючего окислителя триоксида хрома (CrO_3) с ацетоном (C_3H_6O) в одной или раздельных линиях местных отсосов.

Реакция между этими веществами протекает по уравнению:

$$16\ CrO_3 + 3C_3H_6O \leftarrow 8Cr_2O_3 + 9CO_2 + 9H_2O.$$

Из справочных данных находим стандартные энергии Гиббса образовании веществ (ΔJ_f°, кДж·моль$^{-1}$).

Триоксид хрома (твердое вещество) CrO_3	минус 513,8;
Оксид хрома (твердое вещество) Cr_2O_3	минус 1057,9;
Ацетон (жидкость) $3C_3H_6O$	минус 155,5;
Диоксид углерода (газ) CO_2	минус 394,6;
Вода (газ) H_2O	минус 237,4.

Согласно уравнению имеем:

$$(\Delta J^\circ) = 8(\Delta J_f^\circ)_{Cr_2O_3} + 9(\Delta J_f^\circ)_{CO_2} + + 9(\Delta J_f^\circ)_{H_2O} - 16(\Delta J_f^\circ)_{CrO_3} - 3(\Delta J_f^\circ)_{C_3H_6O}$$

$$(\Delta J^\circ) = -8 \cdot 1057{,}9 - 9 \cdot 394{,}6 - 9 \cdot 273{,}4 + 16 \cdot 513{,}8 + 3 \cdot 155{,}5 = -5464 \text{ кДж}.$$

На 1 моль смеси энергия Гиббса:

$$\Delta J^\circ = -\frac{5464}{19} = -287{,}6 \text{ кДж·моль}^{-1},$$

$$\Delta J^\circ < -41{,}8 \text{ кДж·моль}^{-1}.$$

Следовательно, системы местных отсосов для удаления этих веществ должны быть автономными.

7.7 Действующая автоматизированная программа ФГУ ВНИИПО МЧС РФ "Совместимость веществ и материалов" содержит банк данных для 2000 веществ по совместимости этих веществ друг с другом и другими веществами с указанием условий их совместимости. Данные, характеризующие совместимость наиболее широко распространенных веществ и смесей с окислителями (кислоты, пероксид водорода), представлены в табл. Б1 прилож. Б.

7.8 Данные по химической совместимости ряда горючих веществ и окислителей, полученные в результате экспериментальных исследований, представлены в табл. Б2 прилож. Б.

7.9 При отсутствии данных в технической документации (технологическая часть проекта), данных экспериментальных исследований по ГОСТ 12.1.044-89 и расчетов энергии Гиббса допускается использовать данные требований пожарной безопасности по совместному хранению веществ и материалов (ГОСТ 12.1.004-91*, ППБ 01-03). Вещества опасные и особо опасные (табл. 15-17 ГОСТ 12.004-91* и табл. 4-6 ППБ 01-03), указанные под цифрами 3 и 4 в этих таблицах, нельзя удалять совместно в местном отсосе. Например, ядовитые газы окисляющие, едкие и коррозионные (класс 2, подкласс 2.2, категория 224 по ГОСТ 19433-88) нельзя удалять в местных отсосах совместно с ЛВЖ с температурой воспламенения от -18 °С до +23 °С.

Вещества и материалы, отмеченные в табл. 15-17 (ГОСТ 12.1.004-91*) или табл. 4-6 (ППБ 01-03) значком + являются совместимыми прут с другом: едкие, коррозионные кислоты, слабые окислители (категория опасности 818 по ГОСТ 19433-88) можно удалять общей системой местных отсосов совместно с горючими газами (категория опасности 616,915 по ГОСТ 19433-88).

8 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ КОНДЕНСАЦИИ Б СИСТЕМАХ МЕСТНЫХ ОТСОСОВ ІТ, ПАРОВ ЛВЖ И ГЖ

8.1 В соответствии с п. 7.2.13 СНиП 41-01-2003 системы местных отсосов пожаровзрывоопасных веществ (в том числе аэровзвесей), оседающих или конденсирующихся в воздуховодах или вентиляционном оборудовании, следует проектировать отдельными для каждой единицы оборудования.

5.2 При удалении газо-, паровоздушных смесей системами местных отсосов примеси ГГ следует принимать *неконденсирующимися.*

8.3 При удалении паровоздушных смесей ЛВЖ, ГЖ и окислителей системами местных отсосов возможность их конденсации определяется температурой точки росы $t_р$, которую следует сопоставить с минимальной температурой перемещаемой паровоздушной смеси t_{MIN}.

8.4 Величина t_{MIN} в системе местных отсосов с резервным вентилятором определяется по формуле:

$$t_{MIN} = t_Н + (t_В + t_Н)\cdot\exp\left(-0{,}09\frac{l}{u\cdot d}\right), \qquad (19)$$

где $t_В$ - начальная температура паровоздушной смеси в системе местных отсосов в °С, принимается по технологическим данным;

$t_Н$ - температура наружного воздуха для холодного периода года (принимается в °С по СНиП 23-01-99*);

l - длина воздуховода за пределами отапливаемой зоны здания в м;

d - диаметр воздуховода за пределами отапливаемой зоны здания в м;

u - скорость паро-воздушной смеси в воздуховоде за пределами отапливаемой зоны здания, $м\cdot с^{-1}$.

8.5 Величина t_{MIN} в системе местных отсосов без резервного вентилятора принимается равной температуре наружного воздуха для холодного периода года $t_н$ по СНиП 23-01-99*.

8.6 Температуру точки росы $t_р$ для паров ЛВЖ, ПК и окислителей следует принимать по справочным данным в зависимости от парциального давления паров ЛВЖ, ГЖ и окислителей в удаляемой паровоздушной смеси.

Величину $t_р$ в зависимости от парциального давления допускается определять по преобразованному уравнению Антуана:

$$t_р = \frac{B}{A - \lg P} - C, \qquad (20)$$

где A, B, C - константы уравнения Антуана, соответствующие размерности P в кПа, принимаются по справочным данным или по табл. Г1, Г2 прилож. Г.

8.7 Парциальное давление паров ЛВЖ, ГЖ и окислителей, P, кПа, определяется по формуле:

$$P = 1{,}013 \cdot 0{,}5 \cdot \varphi_o, \quad (21)$$

где φ_o - НКПР % (об), определяется экспериментально по ГОСТ 12.1.044-89 или принимается по справочным данным или по табл. Г1, Г2 прилож. Г.

8.8 Если t_{MIN} перемещаемой паровоздушной смеси ниже t_p паров ЛВЖ, ГЖ и окислителей, то конденсация их возможна и их удаление следует осуществлять автономной системой местных отсосов.

Если t_{MIN} перемещаемой паровоздушной смеси выше t_p, то конденсация паров не происходит и удаление их можно осуществлять общей системой местных отсосов, если при этом выполняются требования СНиП 41-01-2003 и условия совместимости.

9. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Термин	*Определения*
Взрывобезопасность	Состояние производственного процесса, при котором исключается возможность взрыва, или в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей, вызываемых им опасных и вредных факторов и обеспечивается сохранение материальных ценностей.
Пожарная безопасность	Состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.
Взрывоопасная смесь	Смесь горючих газов, паров, пыли, аэрозолей или волокон с воздухом при нормальных атмосферных условиях (давлении 760 мм рт.ст. и температуре 20 °С), у которой при воспламенении горение распространяется на весь объем несгоревшей смеси и развивается давление взрыва, превышающее 5 кПа. Взрывоопасность веществ, выделяющихся при технологических процессах, *следует принимать по заданию на проектирование.*
Пожароопасная смесь	Смесь горючих газов, паров, пыли, аэрозолей или волокон с воздухом, при горении которой развивается давление, не превышающее 5 кПа. Пожароопасность смеси должна быть указана в задании на проектирование.
Местный отсос	Устройство для улавливании вредных и взрывоопасных газов, пыли, аэрозолей и паров (зонт, бортовой отсос, вытяжной шкаф, кожух-воздухоприемник и т.п.) у мест их образования (станок, аппарат, ванна, рабочий стол, камера, шкаф и т.п.), присоединяемое к воздуховодам систем местных отсосов и являющиеся, как правило, составной частью оборудования.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(рекомендуемое)

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА СИСТЕМ МЕСТНЫХ ОТСОСОВ

Целью расчетов систем местных отсосов является определение требуемого минимального расхода воздуха для удаления пожаровзрывоопасных веществ, необходимости оборудования систем местных отсосов резервными вентиляторами, возможности объединения местных отсосов в общие системы, выбор исполнения электрического оборудования в зависимости от свойств перемещаемых пожаровзрывоопасных веществ и условий его размещения, а также назначение других мероприятий (огнезадерживающие и обратные клапаны, определение требуемой группы горючести, предела огнестойкости воздуховодов и т.п.) для обеспечения пожарной безопасности систем местных отсосов в соответствии с требованиями СНиП 41-01-2003.

Пример 1

1. Исходные данные

1.1 В аппарате объемом 10 м^3 содержится ацетилен при рабочем давлении 101 кПа и температуре 30 °С. Для удаления ацетилена, выходящего через неплотности аппарата в помещение при допустимых условиях герметизации, предусмотрен вытяжной зонт. Объем помещения, в котором установлен аппарат, $V_п$ = 80 м^3. При возникновении неисправностей в

аппарате, сопровождающихся утечкой ацетилена, предусмотрена аварийная вентиляция.

1.2 Молярная масса ацетилена M = 26 кг/кмоль. Ацетилен - горючий газ с температурой самовоспламенения 335 °С, нижним концентрационным пределом распространения пламени 2,5 % (об) (см. табл. Г1 прилож. Г). Теплота сгорания $49{,}97 \cdot 10^6$ Дж/кг, коэффициент участия во взрыве 0,5.

2 Обоснование расчетного варианта

В качестве расчетного варианта принимается аппарат *в* исправном состоянии с утечкой ацетилена через прокладки, швы, разъемные соединения и другие элементы конструкции. За расчетную температуру принимается абсолютная летняя температура воздуха в данном районе (Москва) согласно СНиП 23-01-99* $t_р$ = 28,5 °С. Коэффициент износа аппарата K = 1,5.

3 Определение скорости утечки ацетилена

Скорость утечки ацетилена из аппарата определим по формуле (3):

$$m_у = K \cdot C \cdot V \cdot \sqrt{\frac{M}{T_р}} = 1{,}5 \cdot 4{,}61 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{\frac{26}{303}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с},$$

где K = 1,5 - коэффициент, учитывающий степень износа производственного оборудования;

$C = 4{,}61 \cdot 10^{-5}$ - коэффициент при давлении газа в аппарате 101 кПа (принимается по табл. 1 п. 6.3. Методики);

V = 10 м^3 - объем аппарата;

M = 26 кг/кмоль, молярная масса ацетилена;

$T_р$ =303 К, температура газа в аппарате.

4 Нижний концентрационный предел распространения пламени ацетилена в % (об.) при расчетной температуре 28,5 °С определим по формуле (11):

$$\varphi = \varphi_о \left(1 - \frac{T_р - T_0}{1550 - T_0}\right) = 2{,}5\left(1 - \frac{301{,}5 - 293}{1550 - 293}\right) = 2{,}48\ \%\ (\text{об.}).$$

5 Нижний концентрационный предел распространения пламени ацетилена в кг/м^3 в соответствии с формулой (10) составит

$$k = \frac{\varphi \cdot M}{100 \cdot V_о (1 + 0{,}00367 \cdot t_р)} = \frac{2{,}48 \cdot 26}{100 \cdot 22{,}413 \cdot (1 + 0{,}00367 \cdot 28{,}5)} = 2{,}6 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3.$$

6 Согласно формуле (1) минимальный расход воздуха в местном отсосе должен быть

$$q = \frac{2m}{k} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{2{,}6 \cdot 10^{-2}} = 1{,}54 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}, \text{ или } 55{,}44 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

7 Давление взрыва, создаваемое при горении ацетилена в помещении, определим по формуле (12)

$$\Delta P = \frac{1{,}19 \cdot 10^{-4} \cdot M_у \cdot H_T \cdot Z}{V_{св}} = \frac{1{,}19 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}72 \cdot 49{,}97 \cdot 10^6 \cdot 0{,}5}{64} = 33{,}4 \text{ кПа},$$

где $M_у = 3600 \cdot m_у = 3600 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 0{,}72$ масса ацетилена (кг), поступившего в помещение в течение одного часа;

$H_т = 49{,}97 \cdot 10^6$ - теплота сгорания ацетилена, Дж/кг;

Z = 0,5 - коэффициент участия ацетилена во взрыве;

$V_{св} = V_п \cdot 0{,}8 = 64$ - свободный объем помещения, м^3.

Поскольку полученное давление больше 5 кПа, то, согласно НПБ 105-03, помещение является взрывоопасным и относится к категории А.

8 Рассчитаем концентрацию ацетилена в помещении при остановке вентилятора системы местных отсосов по уравнению (14)

$$k_п = \frac{M_у}{V_{св}} = \frac{0{,}72}{64} = 1{,}1 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3.$$

9 Определяем отношений ψ (15):

$$\psi = \frac{k_п}{k} = \frac{1{,}1 \cdot 10^{-2}}{2{,}52 \cdot 10^{-2}} = 0{,}44.$$

Поскольку ψ *больше* 0,1, то в соответствии с требованиями СНиП 41-01-2003 система местного отсоса при отсутствии автоматически включаемой аварийной вентиляции должна оборудоваться резервным вентилятором.

10 Плотность ацетилена по воздуху при расчетной температуре найдем по выражению (17):

$$v = \frac{M}{1,2 \cdot V_0 (1 + 0,00367 \cdot t_р)} = \frac{26}{1,2 \cdot 22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 28,5)} = 0,88 .$$

Поскольку *v меньше* 1, и ацетилен легче воздуха, то воздуховоды должны иметь подъем не менее 0,005 в направлении движения газовоздушной среды.

Выводы

1 Для обеспечения пожаровзрывобезопасности помещения расход воздуха, создаваемый системой местного отсоса, должен быть не менее 55,44 м^3/ч (фактическая производительность системы местного отсоса должна отвечать также требованиям санитарных норм к воздуху рабочей зоны).

2 Систему местного отсоса следует проектировать отдельно от системы общеобменной вентиляции, (п. 5.1 Методики) с резервным вентилятором (п. 5.3 Методики).

3 В системе местного отсоса должно быть предусмотрено автоматическое блокирование вентилятора с аппаратом, обеспечивающее остановку аппарата при выходе из строя вентилятора, а при невозможности остановки аппарата - включение аварийной вентиляции (п. 5.3 Методики).

4. Электрооборудование системы местного отсоса должно быть выполнено во взрывозащищенном исполнении, так как газо-воздушная смесь удаляется из помещения категории А (п. 5.4 Методики).

5 Оборудование системы местного отсоса может быть размещено в помещении, в котором находится аппарат с ацетиленом, или в общем помещении для вентиляционного оборудования вытяжных систем общеобменной вентиляции для помещений категорий А и Б (п. 5.5 Методики).

6 Воздуховод системы местного отсоса должен быть выполнен из негорючих материалов и оборудован огнезадерживающим клапаном в местах его пересечения противопожарной преграды или перекрытия помещений категорий А, Б или В1-В3 и иметь подъем не менее 0,005 в сторону движения воздуха. Предел огнестойкости воздуховода системы местного отсоса должен быть не менее 0,5 ч (пп. 5.7–5.9, 5.11 Методики).

Пример 2

1 Исходные данные

1.1 В аккумуляторном помещении объемом $V_п$ = 180 м^3 размещаются две аккумуляторные батареи СК-4 (без системы рекомбинации водорода) из 12 аккумуляторов с максимальным зарядным током 36 А и СК-1 из 13 аккумуляторов с зарядным током 9 А. Аккумуляторные батареи устанавливаются под вытяжным зонтом. Максимальная условная температура воздуха в помещении принимается 28 °С (г. Екатеринбург). Других взрывопожароопасных веществ, кроме водорода, выделяющегося в процессе зарядки аккумуляторов, нет.

1.2 Обоснование расчетного варианта.

Расчет системы местного отсоса производим для процесса одновременной зарядки двух батарей максимальным зарядным током. Процесс зарядки сопровождается выделением водорода в помещение. Молярная масса водорода M = 2 кг/кмоль. Водород - горючий газ с температурой самовоспламенения 510 °С, нижним концентрационным пределом распространения пламени φ_o = 4,12% (об.) (см. табл. Г1 прилож. Г). Удельная теплота сгорания 119,8·10^6 Дж/кг, коэффициент участия во взрыве 1,0.

2 Массу водорода, образующегося в единицу времени при зарядке двух батарей, рассчитываем по формуле (6):

$$m_н = 1,04 \cdot 10^{-8} \left(1 + \frac{T_р}{273}\right) \sum_1^k I_i \cdot N_i = 1,04 \cdot 10^{-8} \left(1 + \frac{301}{273}\right) (9 \cdot 13 + 36 \cdot 12) = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ кг/с},$$

где $T_р$ - расчетная условная температура, 301 К;

I_i - максимальный зарядный ток i-й батареи, 36 А и 9А;

N_i - количество аккумуляторных элементов i-й батареи 12 и 13;

k - число аккумуляторов, два.

3 Нижний концентрационный предел распространения пламени водорода в % (об.) при расчетной условной температуре 28 °С найдем по формуле (11):

$$\varphi = \varphi_o \left(1 - \frac{T_р - T_0}{1550 - T_0}\right) = 4,12 \left(1 - \frac{301 - 293}{1550 - 293}\right) = 4,1 \text{ \% (об.)}.$$

4 Нижний концентрационный предел распространения пламени водорода в соответствии с формулой (10) составит

$$k = \frac{\varphi \cdot M}{100 \cdot V_0 (1 + 0{,}00367 \cdot t_р)} = \frac{4{,}1 \cdot 2}{100 \cdot 22{,}413 \cdot (1 + 0{,}00367 \cdot 28)} = 3{,}3 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3.$$

5 Согласно формуле (1) минимальный расход воздуха в системе местных отсосов должен быть

$$q = \frac{2m}{k} = \frac{2 \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-5}}{3{,}3 \cdot 10^{-3}} = 7{,}3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с, или } 26{,}28 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

6 Определим давление взрыва, создаваемое при горении смеси водорода с воздухом в помещении по уравнению (12):

$$\Delta P = \frac{1{,}19 \cdot 10^{-4} \cdot M_Н \cdot H_Т \cdot Z}{V_{св}} = \frac{1{,}19 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}043 \cdot 119{,}8 \cdot 10^6 \cdot 1{,}0}{144} = 4{,}26 \text{ кПа},$$

где $M_Н = 3600 \cdot m_Н = 3600 \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-5} = 0{,}043$ кг - масса водорода, поступившего в течение одного часа;

$H_Т = 119{,}8 \cdot 10^6$ - удельная теплота сгорания водорода, Дж/кг;

$Z = 1{,}0$ - коэффициент участия водорода во взрыве;

$V_{св} = V_п \cdot 0{,}8 = 144$ - свободный объем помещения, м^3.

Поскольку полученное давление меньше 5 кПа, то в соответствии с НПБ 105-03 помещение не относится к категории А.

7 Рассчитаем концентрацию водорода в помещении при остановке вентилятора местных отсосов по уравнению (14):

$$k_п = \frac{M_Н}{V_{св}} = \frac{0{,}043}{144} = 3{,}0 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^3.$$

8 Определяем отношение ψ (15):

Поскольку ψ *меньше* 0,1, то в соответствии с требованиями СНиП 41-01-2003 в системе местного отсоса установки резервного вентилятора не требуется.

9 Плотность водорода по воздуху при расчетной температуре найдем по формуле (17):

$$v = \frac{M}{1{,}2 \cdot V_0 (1 + 0{,}00367 \cdot t_р)} = \frac{2}{1{,}2 \cdot 22{,}413 \cdot (1 + 0{,}00367 \cdot 28)} = 0{,}067.$$

Поскольку v *меньше* 1, водород легче воздуха, то воздуховоды должны иметь подъем не менее 0,005 в направлении движения газовоздушной среды.

Выводы

1 Для обеспечения пожарной безопасности аккумуляторного помещения производительность системы местных отсосов должна быть не менее 26,28 м^3/ч без резервного вентилятора.

2 Систему местного отсоса следует проектировать отдельно от системы общеобменной вентиляции (п. 5.1 Методики).

3 В системе необходимо предусмотреть автоматическое блокирование вентилятора, обеспечивающее остановку процесса зарядки при выходе из строя вентилятора (п. 5.3 Методики).

4 Электрооборудование системы местных отсосов должно быть выполнено в обычном исполнении, так как удаление газовой смеси осуществляется не из помещения категории А (п. 5.5 Методики).

5 Оборудование систем местных отсосов может быть размещено в помещении, в котором *размещены аккумуляторы, или в общей помещении для вентиляционного оборудования* вытяжных систем общеобменной вентиляции (п. 5.5 Методики).

6 Воздуховоды системы местных отсосов должны быть выполнены из негорючих материалов и оборудованы огнезадерживающими клапанами в местах их пересечения противопожарной преграды или перекрытия помещений категорий А, Б или В1-В3 и иметь подъем 0,005 в сторону движения газовоздушной смеси. Предел огнестойкости транзитных воздуховодов систем местных отсосов должен быть не менее 0,5 ч (пп. 5,7-5.9, 5.11 Методики).

Пример 3

1 Исходные данные

1.1 В лабораторном помещении объемом $V_п$ = 425 м^3 на рабочем столе, оборудованном вытяжным зонтом, производится разлив сжиженного этилена из сосуда Дьюара в емкости для проведения лабораторных исследований. В сосуде Дьюара находится 1 л этилена. Рабочий стол имеет площадь поверхности 1,4 м^2 и оборудован бортиками высотой 5 см, препятствующими растеканию сжиженного газа за пределы площади стола.

1.2 Молярная масса сжиженного этилена M = 28 кг/кмоль. Плотность сжиженного этилена при температуре эксплуатации $T_ж$= 169,5 К составляет $\rho_ж$ = 568 кг/м^3. Плотность газообразного этилена при этой температуре $\rho_г$ = 2,02 кг/м^3. Мольная теплота испарения сжиженного этилена при $T_ж$ – $L_{исп}$ = 1,344·10^4 Дж/моль. Температура поверхности стола $T_с$ = 299 К. Коэффициент теплопроводности материала стола (клееной фанеры) $\lambda_{ТВ}$ = 0,15 Вт/(м·К), коэффициент температуропроводности этого материала α = 9,96·10^{-8} м^2/с. Максимальная скорость воздушного потока в помещении u = 0,1 м/с. Кинематическая вязкость воздуха при расчетной условной температуре в помещении 26 °С составляет ν = 1,64·10^{-5} м^2/с, коэффициент теплопроводности воздуха $\lambda_в$ = 2,74·10^{-2} Вт/(м·К). Нижний концентрационный предел распространения пламени этилена равен 2,7% об. (см. табл. Г1 прилож. Г), удельная теплота сгорания 46988 кДж/кг, коэффициент участии во взрыве 0,5.

2 Обоснование расчетного варианта

В качестве расчетного варианта принимается пролив всего этилена, содержащегося в сосуде Дьюара. Ввиду того, что площадь, ограниченная бортиками стола, больше площади разлива этилена, за площадь испарения принимаем 1 м^2 (согласно п. 4.6 Методики).

3 Определение скорости испарения этилена

3.1 Интенсивность испарения при проливе этилена (кг/м^{2}с) определим по п. 6.7:

$$m_{СУГ} = \frac{10^{-3} M}{L_{исп}}(T_0 - T_ж)\left(\frac{0,2\cdot\lambda_{ТВ}}{\sqrt{\pi\cdot\alpha}} + \frac{5,1\cdot\lambda_в\sqrt{Re}}{d}\right) =$$

$$= \frac{28\cdot10^{-3}}{1,344\cdot10^4}(299-169,5)\left(\frac{0,2\cdot0,15}{\sqrt{3,14\cdot9,96\cdot10^{-8}}} + \frac{5,1\cdot2,74\cdot10^{-2}\sqrt{6097,56}}{\sqrt{1}}\right) = 0,017 \text{ кг/м}^2\text{с},$$

где M - молярная масса этилена, кг/кмоль;

$L_{исп}$ - вольная теплота испарения при начальной температуре $T_ж$, Дж/моль;

T_0 - начальная температура материала стола, соответствующая расчетной температуре $t_р$ = 26 °С, 299К;

$T_ж$ - начальная температура этилена, 169,5 К;

$\lambda_{ТВ}$ - коэффициент теплопроводности материала поверхности стола, 0,15 Вт/(м·К);

α - эффективный коэффициент температуропроводности материала стола, м^2/с;

$Re = \frac{u\cdot d}{\nu} = \frac{0,1\cdot\sqrt{1}}{1,64\cdot10^{-5}} = 6097,56$ - число Рейнольдса (u - скорость воздушного потока, м/с; d - характерный размер (подкоренное значение площади испарения), м; ν - кинематическая вязкость воздуха при расчетной температуре $t_р$, м^2/с);

$\lambda_{ТВ}$ - коэффициент теплопроводности воздуха при расчетной температуре $t_р$, Вт/(м·К).

3.2 Скорость испарения пролива этилена

$$m = m_{СУГ}F_ж = 0,017\cdot1 = 0,017 \text{ кг/с}.$$

4 Нижний концентрационный предел распространения пламени этилена в % (об.) при расчетной температуре 26 °С найдем по формуле (11):

$$\varphi = \varphi_0\left(1 - \frac{T_р - T_0}{1550 - T_0}\right) = 2,7\left(1 - \frac{299-293}{1550-293}\right) = 2,69 \text{ % (об.)}.$$

5 Нижний концентрационный предел распространения пламени этилена в кг/м^2 в соответствии с формулой (10) составит

$$k = \frac{\varphi\cdot M}{100\cdot V_0(1+0,00367\cdot t_р)} = \frac{2,69\cdot28}{100\cdot22,413\cdot(1+0,00367\cdot26)} = 3,07\cdot10^{-2} \text{ кг/м}^3.$$

6 Минимальный расход воздуха в системе местных отсосов согласно формуле (1) должен быть

$$q = \frac{2m}{k} = \frac{2\cdot0,017}{3,07\cdot10^{-2}} = 1,11 \text{ м}^3\text{/с, или } 3996 \text{ м}^3\text{/ч}.$$

7 Определим давление взрыва, создаваемое при горении смеси этилена с воздухом в помещении по формуле (12):

$$\Delta P = \frac{1,19\cdot10^{-4}\cdot M_Э\cdot H_Т\cdot Z}{V_{св}} = \frac{1,19\cdot10^{-4}\cdot0,568\cdot46,988\cdot10^6\cdot0,5}{340} = 4,67 \text{ кПа},$$

M = m·3600 = 0,017·3600 = 61,2 кг - масса этилена, рассчитанная на предполагаемое испарение в течение часа, что превышает фактическую массу этилена, равную $M_Э$ = $\rho_ж\cdot\nu$ =

$568 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0{,}568$ кг, которая учитывается в формуле.

v - объем газа в сосуде Дьюара, м^3.

$H_T = 46{,}988 \cdot 10^5$ - удельная теплота сгорания этилена, Дж/кг;

$Z = 0{,}5$ - коэффициент участия этилена во взрыве:

$V_{св} = V_п \cdot 0{,}8 = 340$ м^3 - свободный объем помещения.

Поскольку полученное давление меньше 5 кПа, то, в соответствии с НПБ 105-03 помещение *не относится к категории А или Б*.

8 Рассчитаем концентрацию паров этилена в помещении при остановке вентилятора местных отсосов по уравнению (14):

$$k_п = \frac{M_Э}{V_{св}} = \frac{0{,}568}{340} 1{,}67 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3.$$

9. Определим отношение ψ (15):

$$\psi = \frac{k_п}{k} = \frac{1{,}67 \cdot 10^{-3}}{3{,}07 \cdot 10^{-2}} = 0{,}0548.$$

Поскольку ψ *меньше* 1, то, в соответствии с требованиями СНиП 41-01-2003, в системе местного отсоса установки резервного вентилятора не требуется.

10 Плотность паров этилена по воздуху при расчетной температуре определяем по формуле (17):

$$v = \frac{M}{1{,}2 \cdot V_o (1 + 0{,}00367 \cdot t_р)} = \frac{28}{1{,}2 \cdot 22{,}413 \cdot (1 + 0{,}00367 \cdot 26)} = 0{,}95.$$

Поскольку v *меньше* 1, пары этилена легче воздуха и воздуховоды должны иметь польем не менее 0,005 в направлении движения газовоздушной среды.

Выводы

1 Для обеспечения пожарной безопасности лабораторного помещения производительность системы местного отсоса должна быть не менее 3996 м^3/ч (без резервного вентилятора). При этом количество сжиженного этилена в сосуде Дьюара должно быть не более 1 л, а покрытие рабочего стола - выполнено из клееной фанеры.

2 Систему местного отсоса следует проектировать отдельно от системы общеобменной вентиляции (п. 5.1 Методики).

3 В системе необходимо предусмотреть автоматическое включение аварийной вентиляции при остановке рабочего вентилятора системы местных отсосов (п. 5.3 Методики) для создания нормируемых санитарных условий.

4 Электрооборудование системы местных отсосов может быть выполнено в обычном исполнении (п. 5.4 Методики).

5 Оборудование системы местного отсоса может быть размешено в помещении лаборатории или в общем помещении для вентиляционного оборудования вытяжных систем общеобменной вентиляции (п. 5.5 Методики).

6 Воздуховод системы местного отсоса должен быть выполнен из негорючих материалов и оборудован огнезадерживающим клапаном в месте его пересечения противопожарной преграды или перекрытия помещений категории А, Б или В1-В3 и иметь подъем 0,005 в сторону движения воздуха. Предел огнестойкости транзитных воздуховода системы местного отсоса должен быть не менее 0,5 ч (пп. 5.7-5.9, 5.11 Методики).

Пример 4

1 Исходные данные

1.1 В кладовой оперативного хранения горючих веществ площадью $S_п = 35$ м^2 и объемом $V_п = 100$ м^3 в вытяжном шкафу размешен сменный запас ацетона массой 4 кг в алюминиевой канистре. Вытяжной шкаф оборудован бортиками, препятствующими растеканию ЛВЖ за пределы площади, равной 0,5 м^2. Площадь открытого проема шкафа $S = 1{,}75$ м^2. Аварийная вентиляция для помещения кладовой не предусмотрена.

1.2 Молярная масса ацетона $M = 58{,}08$ кг/кмоль. Константы уравнения Антуана: $A = 6{,}37551$; $B = 1281{,}721$; $C = 237{,}088$ (для давления насыщенных паров, выраженного в кПа). Ацетон - легковоспламеняющаяся жидкость с температурой вспышки -18 °С, плотностью 790,8 кг/м^3 и нижним концентрационным пределом распространения пламени, равным 2,7 % (об.) (см. табл. Г1 прилож. Г). Удельная теплота сгорания 31360 кДж/кг, коэффициент участия во взрыве 0,3.

2 Обоснование расчетного варианта

В качестве расчетного варианта принимается пролив всего сменного запаса ацетона в

пределах площади, ограниченной бортиками, равной $F_ж$ = 0,5м^2. За расчетную условную температуру принимается абсолютная летняя температура воздуха в данном районе (Мурманск) согласно СНиП 25-01-99* $t_р$ = 22 °С.

3 Определение скорости испарения ацетона

3.1 По уравнению (8) рассчитаем давление насыщенных парой ацетона при заданной расчетной температуре:

$$P_н = (10^{A-\frac{B}{C+t_р}})\cdot\chi = \left(10^{6,37551-\frac{1281,721}{237,088+22}}\right)\cdot 1 = 26,82 \text{ кПа}.$$

3.2 Скорость испарения ацетона определим по формуле (7), приняв скорость воздушного потока в вытяжном шкафу равной 0,5 м/с, методом интерполяции находим η = 3,4:

$$m_ж = 10^{-6}\eta\sqrt{M}\ P_н\cdot F_и = 10^{-6}\cdot 3,4\sqrt{58,08}\cdot 26,82\cdot 0,5 = 3,47\cdot 10^{-4} \text{ кг/с}.$$

4 Нижний концентрационный предел распространения пламени ацетона в % (об.) при расчетной температуре 22 °С найдем по формуле (11):

$$\varphi = \varphi_о\left(1-\frac{T_р - T_0}{1550-T_0}\right) = 2,7\left(1-\frac{295-293}{1550-293}\right) = 2,69 \text{ % (об.)}.$$

5 Нижний концентрационный предел распространения пламени ацетона в кг/м^3 в соответствии с формулой (10) составит

$$k = \frac{\varphi\cdot M}{100\cdot V_о(1+0,00367\cdot t_р)} = \frac{2,69\cdot 58,08}{100\cdot 22,413\cdot(1+0,00367\cdot 22)} = 6,45\cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3.$$

6 Согласно формуле (1) минимальный расход воздуха в местном отсосе должен быть

$$q = \frac{2m}{k} = \frac{2\cdot 3,47\cdot 10^{-4}}{6,45\cdot 10^{-2}} = 1,08\cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с, или } 38,88 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

7 Фактический расход воздуха в местном отсосе $q_ф$ равен:

$$q_ф = S\cdot V\cdot 3600 = 3150 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где V = 0,5 м/с - скорость в открытом проеме шкафа (над поверхностью испарения);

S = 1,75 м^2 - поперечное сечение вытяжного шкафа.

8 Определим давление взрыва, создаваемое при горении паров ацетона в помещении по уравнению (12):

$$\Delta P = \frac{1,19\cdot 10^{-4}\cdot M_ж\cdot H_Т\cdot Z}{V_{св}} = \frac{1,19\cdot 10^{-4}\cdot 1,249\cdot 31,36\cdot 10^6\cdot 0,3}{80} = 17,5 \text{ кПа},$$

где $M_ж$ = 3600·$m_ж$ = 3600·3,47·10^{-4} = 1,249 кг масса ацетона (кг), испарившегося в течение одного часа, так как запас ацетона больше испарившейся жидкости;

$H_т$ - удельная теплота сгорания ацетона, Дж/кг;

Z = 0,3 - коэффициент участия паров ацетона во взрыве;

$V_{св}$ = $V_п$·0,8 = 80 - свободный объем помещения, м.

Поскольку полученное давление больше 5 кПа, то в соответствии с НПБ 105-03 помещение относится к категории А.

9 Рассчитаем концентрацию паров ацетона в помещении при остановке вентилятора местных отсосов (14), считая, что испарится весь разлившийся ацетон.

$$k_п = \frac{\rho_ж\cdot V_ж}{V_{св}} = \frac{790,8\cdot 5\cdot 10^{-3}}{80} = 4,9\cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3.$$

10 Рассчитаем отношение ψ (15):

$$\psi = \frac{k_п}{k} = \frac{4,9\cdot 10^{-2}}{6,45\cdot 10^{-2}} = 0,76.$$

Поскольку ψ *больше* 0,1 то в соответствии с требованиями СНиП 41-01-2003 система местного отсоса при отсутствии автоматически включаемой аварийной вентиляции должна оборудоваться резервным вентилятором.

11 Плотность паров ацетона по воздуху при расчетной температуре найдем по формуле (17):

$$v = \frac{M}{1,2\cdot V_о(1+0,00367\cdot t_р)} = \frac{58,08}{1,2\cdot 22,413\cdot(1+0,00367\cdot 22)} = 2.$$

Поскольку *v больше* 1, пары ацетона тяжелее воздуха.

Выводы

1 Для обеспечения пожарной безопасности кладовой оперативного хранения веществ расход

воздуха, создаваемый местным отсосом в вытяжном шкафу, должен быть не менее 38,88 м^3/ч (фактически по санитарным нормам принят равным 3150 м^3/ч).

2 Поскольку в помещении аварийная вентиляция не предусмотрена, в системе местного отсоса следует предусмотреть резервный вентилятор (п. 5.3 Методики).

3 Электрооборудование системы местного отсоса должно быть выполнено во взрывозащищенном исполнении, так как транспортируемая смесь удаляется из помещения категории А (п. 5.4 Методики).

4 Оборудование системы местного отсоса может быть размещено в помещении кладовой или в общем помещении для вентиляционного оборудования вытяжных систем общеобменной вентиляции для помещений категорий А и Б (п. 5.5 Методики),

5 Воздуховод системы местного отсоса должен быть выполнен из негорючих материалов и оборудован огнезадерживающими клапанами в местах их пересечения с противопожарной преградой или перекрытием помещений категории А, Б или В1–В3. Предел огнестойкости воздуховодов системы местных отсосов должен быть не менее 0,5 ч (пп. 5.7-5.9, 5.11 Методики).

Пример 5

1 Исходные данные

1.1 В помещении насосной объемом $V_п$ = 310 м^3 размещены поршневой насос, предназначенный для перекачки бензина АИ-93, и центробежный насос для перекачки бензола. Рабочее давление поршневого насоса 600 кПа, периметр штока поршня 0,1 м. Рабочее давление центробежного насоса также 600 кПа, а диаметр вала насоса равен 3×10^{-2} м.

1.2 Молярная масса бензина M = 98,2 кг/кмоль, плотность 798 кг/м^3 и нижний концентрационный предел распространения пламени 1,06% (об.), удельная теплота сгорания 43641 кДж/кг (см. табл. Г2 прилож. Г), коэффициент участия во взрыве 0,3.

Молярная масса бензола M = 78,11 кг/кмоль, плотность 879 кг/м^3, нижний концентрационный предел распространения пламени 1,43% (об.), удельная теплота сгорания 40 576 кДж/кг (см. табл. Г1 прилож. Г), коэффициент участия во взрыве 0,3.

2 Обоснование расчетного варианта

В качестве расчетного варианта принимаем наличие аварийной непрерывной утечки жидкостей через сальниковые уплотнения насосов и испарение всей выделяющейся жидкости. За расчетную температуру принимается абсолютная летняя температура воздуха в данном районе (Москва) согласно СНиП 23-01-99* $t_р$ = 28,5 °С.

3 Количество паров бензина, выделяющихся через сальниковые уплотнения поршневого насоса, определим по формуле (4):

$$m_п = 2{,}78\cdot10^{-5}\cdot p\cdot A\cdot\sqrt{P} = 2{,}78\cdot10^{-5}\cdot0{,}1\cdot2{,}5\cdot\sqrt{600} = 1{,}7\cdot10^{-4}\ \text{кг/с},$$

где p = 0,1 - периметр штока насоса, м;

P = 600 - рабочее давление, создаваемое насосом, кПа;

A - коэффициент, равный 2,5, для бензина.

4 Количество паров бензола, выделяющихся через сальниковые уплотнения центробежного насоса, рассчитаем по формуле (5):

$$m_ц = 1{,}57\cdot10^{-7}\cdot d\cdot\rho_ж\cdot\sqrt{P} = 1{,}57\cdot10^{-7}\cdot3\cdot10^{-7}\cdot879\cdot\sqrt{600} = 1{,}01\cdot10^{-4}\ \text{кг/с},$$

где d = 0,03 - диаметр вала насоса, м;

ρ = 879 - плотность жидкости, кг/м^3;

P = 600 - рабочее давление насоса, кПа,

5 Нижние концентрационные пределы распространения пламени бензина (φ_1) и бензола (φ_2) в % (об.) при расчетной температуре 28,5 °С найдем по формуле (11):

$$\varphi_1 = \varphi_{o1}\left(1-\frac{T_р-T_0}{1550-T_0}\right)=1{,}06\left(1-\frac{301{,}5-293}{1550-293}\right)=1{,}053\ \%\ \text{(об.)}.$$

$$\varphi_2 = \varphi_{o2}\left(1-\frac{T_р-T_0}{1550-T_0}\right)=1{,}43\left(1-\frac{301{,}5-293}{1550-293}\right)=1{,}42\ \%\ \text{(об.)}.$$

6 Нижний концентрационный предел распространения пламени бензина (k_1) и бензола (k_2) в кг/м^3 в соответствии с формулой (10):

$$k_1=\frac{\varphi_1\cdot M_1}{100\cdot V_o(1+0{,}00367\cdot t_р)}=\frac{1{,}053\cdot98{,}2}{100\cdot22{,}413\cdot(1+0{,}00367\cdot28{,}5)}=4{,}2\cdot10^{-2}\ \text{кг/м}^3.$$

$$k_2 = \frac{\varphi_2 \cdot M_2}{100 \cdot V_o(1+0{,}00367 \cdot t_p)} = \frac{1{,}42 \cdot 78{,}11}{100 \cdot 22{,}413 \cdot (1+0{,}00367 \cdot 28{,}5)} = 4{,}48 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3.$$

7 Согласно (1) минимальный расход воздуха в системе местных отсосов для поршневого насоса

$$q_п = \frac{2m_ц}{k_1} = \frac{2 \cdot 1{,}7 \cdot 10^{-4}}{4{,}2 \cdot 10^{-2}} = 8{,}1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с, или } 29{,}16 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

для центробежного насоса

$$q_ц = \frac{2m_ц}{k_2} = \frac{2 \cdot 1{,}01 \cdot 10^{-4}}{4{,}48 \cdot 10^{-2}} = 4{,}51 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с, или } 16{,}24 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Тогда в соответствии с формулой (2) производительность вентсистемы, к которой подсоединяются местные отсосы, должна быть не менее

$$Q = q_п + q_ц = 29{,}16 + 16{,}24 = 45{,}4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

8 Определим давление взрыва, создаваемое при горении паров бензина (ΔP_1) и бензола (ΔP_2) в помещении, по уравнению (12):

- для бензина:

$$\Delta P_1 = \frac{1{,}19 \cdot 10^{-4} \cdot M_п \cdot H_т \cdot Z}{V_{св}} = \frac{1{,}19 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}612 \cdot 43{,}641 \cdot 10^6 \cdot 0{,}3}{248} = 3{,}8 \text{ кПа},$$

где $M_п = 3600 \cdot m_п = 3600 \cdot 1{,}7 \cdot 10^{-4} = 0{,}612$ масса бензина (кг), испарившегося в течение одного часа:

$H_т = 43{,}641 \cdot 10^6$ - удельная теплота сгорании бензина, Дж/кг;

$Z = 0{,}3$ - коэффициент участия паров бензина во взрыве;

$V_{св} = V_п \cdot 0{,}8 = 248$ - свободный объем помещения, м^3.

- для бензола:

$$\Delta P_2 = \frac{1{,}19 \cdot 10^{-4} \cdot M_ц \cdot H_т \cdot Z}{V_{св}} = \frac{1{,}19 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}364 \cdot 40{,}576 \cdot 10^6 \cdot 0{,}3}{248} = 2{,}13 \text{ кПа},$$

где $M_ц = 3600 \cdot m_ц = 3600 \cdot 1{,}01 \cdot 10^{-4} = 0{,}364$ масса бензола (кг), испарившегося в течение одного часа;

$H_т = 40{,}576 \cdot 10^6$ - удельная теплота сгорания бензола, Дж/кг;

$Z = 0{,}3$ - коэффициент участия паров бензола во взрыве;

Поскольку рассчитанное давление взрыва меньше 5 кПа, то в соответствии с НПБ 105-03 помещение не относится к категории А.

9 Рассчитаем концентрацию паров бензина и бензола в помещении при остановке вентилятора системы местных отсосов по формуле (14)

- для бензина:

$$k_{п1} = \frac{M_п}{V_{св}} = \frac{0{,}612}{248} = 2{,}7 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3.$$

- для бензола:

$$k_{п2} = \frac{M_ц}{V_{св}} = \frac{0{,}364}{250} = 1{,}47 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3.$$

10 Рассчитаем отношение ψ (15)

- для бензина:

$$\psi_1 = \frac{k_{п1}}{k_1} = \frac{2{,}47 \cdot 10^{-3}}{4{,}2 \cdot 10^{-2}} = 5{,}88 \cdot 10^{-2}.$$

- для бензола:

$$\psi_2 = \frac{k_{п2}}{k_2} = \frac{1{,}47 \cdot 10^{-3}}{4{,}48 \cdot 10^{-2}} = 3{,}28 \cdot 10^{-2}.$$

Поскольку ψ *меньше* 0,1 для обоих веществ, то в соответствии с требованиями СНиП 41-01-2003 система местных отсосов для удаления паров бензина и бензола может быть выполнена без резервного вентилятора.

11 Плотность паров бензина и бензола по отношению к воздуху при расчетной температуре найдем по формуле (17)

- для бензина:

$$v_1 = \frac{M_1}{1,2 \cdot V_o(1+0,00367 \cdot t_p)} = \frac{98,2}{1,2 \cdot 22,413 \cdot (1+0,00367 \cdot 28,5)} = 3,31;$$

- для бензола:

$$v_2 = \frac{M_2}{1,2 \cdot V_o(1+0,00367 \cdot t_p)} = \frac{78,11}{1,2 \cdot 22,413 \cdot (1+0,00367 \cdot 28,5)} = 2,63.$$

Поскольку v_1, v_2 *больше* 1, следовательно, пары бензина и бензола тяжелее воздуха.

Выводы

1 Для обеспечения пожарной безопасности помещения насосной расход воздуха, создаваемый местным отсосом у поршневого насоса, должен быть не менее 29,16 м^3/ч, а от центробежного насоса - не менее 16,24 м^3/ч.

При этом местные отсосы бензина и бензола могут быть объединены в общую систему местных отсосов, так как их объединение не может образовать горючую смесь или создать более опасное вещество. Производительность системы местных отсосов должна быть не менее 45,4 м^3/ч,

2 Предусматривать в системе местных отсосов резервный вентилятор не следует (п. 5.3 Методики).

3 Электрооборудование системы местных отсосов может быть выполнено не во взрыво защищен ном исполнении, так как транспортируемая смесь удаляется из помещения, не относящегося к категории А или Б.

4 Оборудование системы местных отсосов может быть размещено в помещении насосной или в общем помещении для вентиляционного оборудования (п. 5.5 Методики).

5 Воздуховоды системы местных отсосов должны быть выполнены из негорючих материалов и оборудованы огнезадерживающими клапанами в местах их пересечения противопожарной преграды или перекрытия помещений категории А, Б или В1-В3. Предел огнестойкости воздуховодов системы местных отсосов должен быть не менее 0,5 ч (пп. 5.7-5.9, 5.11 Методики).

Пример 6

1 Исходные данные

1.1 В помещении цеха объемом $V_п$ = 810 м^3 размещен деревообрабатывающий станок, осуществляющий распиловку, строгание и шлифовку древесины. В процессе обработки древесины выделяется древесная пыль, которая оседает на близлежащих поверхностях общей площадью F = 35 м^2. Измерениями установлено, что средняя интенсивность отложения пыли равна $m_y = 1,2 \cdot 10^{-6}$ кг/(м^2·с).

1.2 Нижний концентрационный предел распространения пламени $k = 2,2 \cdot 10^2$ кг/м^3, удельная теплота сгорания $13,8 \cdot 10^6$ Дж/кг. Критический размер частиц (средний размер частиц пыли, выше которого пылевоздушная смесь становится взрывобезопасной) древесной пыли d^* *не менее* 200 мкм.

Распределение пыли по дисперсности представлено в таблице:

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

Соответствующий этому распределению коэффициент участия пыли во взрыве, определенный по НПБ 105-03, равен 0,1.

2 Обоснование расчетного варианта

В качестве расчетного варианта принимаем, то при деревообработке пиломатериалов на исправном станке происходит непрерывное выделение пыли в помещение цеха и ее осаждение на окружающие станок поверхности. За расчетную температуру условно принимается абсолютная летняя температура воздуха в данном районе (г. Острогожск) согласно СНиП 32-01 -99* t_p = 28 °С.

3 Минимальный расход воздуха в системе местных отсосов рассчитаем по уравнению (1):

$$q = \frac{2m}{k} = \frac{2 \cdot m_y \cdot F}{k} = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 35}{2,2 \cdot 10^{-2}} = 3,82 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с или } 13,75 \text{ м}^3/\text{ч},$$

но фактический расход воздуха $q_ф$ принимается по минимальной скорости транспортирования пыли 12 м/с и диаметру воздуховода 0,15 м, т.е.:

$$q_{\text{ф}} = 12\frac{3,14\cdot 0,15^2}{4} = 0,212 \text{ м}^3/\text{с или } 763 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

4 Определим давление взрыва, создаваемое при горении пылевоздушной смеси (12):

$$\Delta P_1 = \frac{1,19\cdot 10^{-4}\cdot M_{\text{п}}\cdot H_{\text{т}}\cdot Z}{V_{\text{св}}} = \frac{1,19\cdot 10^{-4}\cdot 0,151\cdot 13,8\cdot 10^{6}\cdot 0,1}{648} = 3,8\cdot 10^{-2} \text{ кПа},$$

где $M_{\text{п}}$ = 3600·$m_{\text{у}}$·F = 3600·1,2·10^6·35 = 0,151 масса древесной пыли (кг), поступающей в помещение в течение одного часа;

$H_{\text{т}} = 13,8\cdot 10^6$ - удельная теплота сгорания пыли, Дж/кг;

Z = 0,1 - коэффициент участия пыли во взрыве;

$V_{\text{св}}$ = V·0,8 = 648 свободный объем помещения, $м^3$.

Поскольку полученное давление меньше 5 кПа, то, в соответствии с НПБ 105-03, помещение не относится к категории А или Б.

5 Рассчитаем концентрацию пыли в помещении при остановке вентиляторов местных отсосов по соотношению (14):

$$k_{\text{п}} = \frac{M_{\text{п}}}{V_{\text{св}}} = \frac{0,151}{648} = 2,3\cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^3.$$

6. Рассчитаем отношение по формуле (15):

$$\psi = \frac{k_{\text{п}}}{k} = \frac{2,3\cdot 10^{-4}}{2,2\cdot 10^{-2}} = 1,05\cdot 10^{-2}.$$

Поскольку ψ *меньше* 0,1, то, в соответствии с требованиями СНиП 41-01-2003, системы местного отсоса для удаления древесной пыли могут быть выполнены без резервного вентилятора.

Выводы

1 Для обеспечения пожарной безопасности помещения производительность системы местного отсоса должна быть не менее 13,75 $м^3$/ч, (фактически - не менее 763 $м^3$/ч).

2 Предусматривать в системе местных отсосов резервный вентилятор не следует (п. 5.3 Методики).

3 Электрооборудование системы местных отсосов может быть выполнено не во взрывозащищенном исполнении, так как транспортируемая смесь удаляется из помещения, не относящегося к категории А или Б (п. 5.4 Методики).

4 Оборудование систем местных отсосов может быть размещено в помещении цеха или в общем помещении для вентиляционного оборудования (п. 5.5 Методики).

5 Воздуховоды систем местных отсосов должны быть выполнены из негорючих материалов. Предел огнестойкости воздуховодов системы местных отсосов должен быть не менее 0,5 ч (пп. 5.7-5.9, 5.11 Методики).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(рекомендуемое)

ДАННЫЕ ПО СОВМЕСТИМОСТИ ВЕЩЕСТВ

Таблица Б.1

Расчетные данные по совместимости веществ в системах местных отсосов при $t_{\text{н}}$ до 50 °С

№ п/п	ЛВЖ, ГЖ	Химическая формула	Окислители			
			Азотная кислота HNO_3	Серная кислота H_2SO_4	Соляная кислота HCl	Перекись водорода H_2O
1	2	3	4	5	6	7
1	Амилацетат	$C_7H_{14}O_2$	Н	Н	С	С
2	Амилен	C_5H_{10}	С	С	С	С
3	н-Амиловый спирт	$C_5H_{12}O$	Н	С	С	С
4	Аммиак	NH_3	К	Н	Н	Н
5	Анилин	C_6H_7N	Н	Н	Н	Н
6	Ацетальдегид	C_2H_4O	Н	С	С	С

7	Ацетилен	C_2H_2	Н	В	Н	Н
3	Аллилацетат	$C_5H_8O_2$	Н	Н	С	С
9	Ацетон	C_3H_6O	Н	С	С	С
10	Бензиловый спирт	C_7H_8O	Н	С	С	С
11	Бензол	C_6H_6	С	С	С	С
12	1,3-Бутадиен	C_4H_6	Н	Н	Н	Н
13	н-Бутан	C_4H_{10}	С	С	С	С
14	1-Бутен	C_4H_8	Н	Н	Н	С
15	н-Бутилацетат	$C_6H_{12}O_2$	С	С	С	С
16	втор-Бутилацетат	$C_6H_{12}O_2$	Н	С	С	С
17	н-Бутиловый спирт	$C_4H_{10}O$	С	С	С	С
18	Винилхлорид	C_2H_3Cl	С	С	С	С
19	Водород	H_2	С	С	С	С
20	н-Гексадекан	$C_{16}H_{34}$	С	С	С	С
21	н-Гексиловый спирт	$C_6H_{14}O$	Н	С	С	С
22	Гидразин	N_2H_4	Н	Н	Н	Н
23	Глицерин	$C_3H_8O_3$	Н	Н	Н	Н
24	н-Гексан	C_6H_{14}	С	С	С	С
25	Гептан	C_7H_{16}	С	С	С	С
26	Декан	$C_{10}H_{22}$	С	С	С	С
27	Дивиниловый эфир	C_4H_6O	Н	С	С	С
28	1, 2-Дихлорэтан	$C_2H_4Cl_2$	С	С	С	С
29	Н-Додекан	$C_{12}H_{26}$	С	С	С	С
30	Диметилформамид	C_3H_7ON	С	Н	С	С
31	Диоксан-1,4	$C_4H_8O_2$	С	Н	С	С
32	Диэтиламин	$C_4H_{11}N$	Н	Н	Н	Н
33	Диэтиловый эфир	$C_4H_{10}O$	Н	С	С	С
34	Изобутан	C_4H_{10}	С	С	С	С
35	Изобутилен	C_4H_8	Н	Н	Н	Н
36	Изопентан	C_5H_{12}	С	С	С	С
37	Изолропилбензол	C_9H_{12}	С	С	С	С
38	Изопропиловый спирт	C_3H_8O	Н	С	С	С
39	о-, м-, п -Ксилол	C_8H_{10}	С	С	С	С
40	Метан	CH_4	С	С	С	С
41	Метилпропилкетон	$C_5H_{10}O$	Н	Н	С	С
42	Метилэтилкетон	C_4H_8O	Н	Н	С	С
43	Метиловий спирт	CH_4O	Н	С	С	С
44	Нафталин	$C_{10}H_8$	С	С	С	С
45	н-Нонан	C_9H_{20}	С	С	С	С
46	Оксид углерода	CO	Н	Н	Н	Н
47	Оксид этилена	C_2H_4O	Н	Н	Н	Н
48	н-Октан	C_8H_{18}	С	С	С	С
49	н-Пентадекан	$C_{15}H_{32}$	С	С	С	С
50	γ-Пиколин	C_6H_7N	Н	Н	Н	Н
51	Пиридин	C_5H_5N	Н	Н	Я	Н
52	Пропан	C_3H_8	С	С	С	С
53	Пропилен	C_3H_6	Н	Н	Н	Н
54	н-Пентан	C_5H_{12}	С	С	С	С
55	н-Пропиловый спирт	C_3H_8O	Н	С	С	С
56	Сероводород	H_2S	Н	Н	Н	Н
57	Сероуглерод	CS_2	Н	Н	Н	Н
58	Стирол	C_8H_8	Н	Н	С	С
59	Тетрагидрофуран	C_4H_8O	Н	Н	С	С
60	н-Тридекан	$C_{13}H_{28}$	С	С	С	С
61	2,3,4-Триметилпентан	C_8H_{18}	С	С	С	С
62	н-Тетрадекан	$C_{14}H_{30}$	С	С	С	С
63	Толуол	C_7H_8	С	С	С	С
64	Трихлорэтилен	$C2HCl_3$	Н	Н	Н	Н
65	н-Ундекан	$C_{11}H_{24}$	С	С	С	С
66	Уксусная кислота	$C_2H_4O_2$	С	С	С	С

67	Формальдегид	CH_2O	Н	Н	Н	Н
68	Фталевый ангидрид	$C_8H_4O_3$	С	С	С	С
69	Хлорбензол	C_6H_5Cl	С	С	С	С
70	Циклогексан	C_6H_{12}	С	С	С	С
71	Четыреххлористый углерод	CCl_4	С	С	С	С
72	Этан	C_2H_6	С	С	С	С
73	Этилбензол	C_8H_{10}	С	С	С	С
74	Этилен	C_2H_4	Н	Н	Н	Н
75	Этиленгликоль	$C_2H_6O_2$	Н	Н	Н	Н
76	Этилцеллозольв	$C_4H_{10}O_2$	С	С	С	С
77	Этилацетат	$C_4H_8O_2$	С	С	С	С
78	Этиловый спирт	C_2H_6O	Н	С	С	С
	Смеси и технические продукты					
79	Бензин АИ-93 летний (ГОСТ Р 51105-97)	$C_{7,024}H_{13,706}$	С	С	С	С
	зимний (ГОСТ Р 51105-97)	$C_{6,911}H_{12,168}$	С	С	С	С
80	Бензин А-72 автомобильный (ГОСТ Р 51105-97)	$C_{6,991}H_{13,108}$	С	С	С	С
81	Бензин Б-70 авиационный (ГОСТ Р 51105-97)	$C_{7,267}H_{14,796}$	С	С	С	С
82	Дизельное топливо "3" (ГОСТ 305-82)	$C_{12,343}H_{23,889}$	С	С	С	С
83	Керосин осветительный КО-20 (ГОСТ 4753-68)	$C_{13,595}H_{26,0}$	С	С	С	С
	КО-22 (ГОСТ 4753-63)	$C_{10,914}H_{21,832}$	С	С	С	С
	КО-25 (ГОСТ 4753-63)	$C_{11,054}H_{21,752}$	С	С	С	С
84	Ксилол (смесь изомеров) (ГОСТ 9410-78)	C_8H_{10}	С	С	С	С
85	Масло трансформаторное	$C_{21,34}H_{42,28}S_{0,04}$	С	С	С	С
86	Масла:					
	АМТ-300 (ТУ 38-15-68)	$C_{22,25}H_{33,48}S_{0,34}N_{0,07}$	С	С	С	С
	АМТ-300Г (ТУ 38101243-72)	$C_{14,04}H_{24,58}S_{0,196}N_{0,04}$	С	С	С	С
87	Растворители: Р-4 (н-бутилацетат- 12%, толуол - 62%, ацетон - 26 %)	$C_{5,452}H_{7,606}O_{0,535}$	С	С	С	С
	Р-4 (ксилол - 15%, толуол - 70%, ацетон- 15%)	$C_{6,231}H_{7,796}O_{0,223}$	С	С	С	С
	Р-5 (н-бутилацетат – 30%, ксилол – 40%, ацетон –30%)	$C_{5,309}H_{6,655}O_{0,897}$	С	С	С	С
	Р-12 (н-бутилацетат - 30%, ксилол- 10%, толуол - 60%)	$C_{6,837}H_{9,217}O_{0,515}$	С	С	С	С
	М (н-бутилацетат - 30%, бутилацетат – 5%, этиловый спирт - 60%, изобутиловый спирт- 5%)	$C_{2,761}H_{7,147}O_{1,187}$	С	С	С	С
	РМЛ.ТУКУ 467-56	$C_{2,645}H_{6,810}O_{1,038}$	С	С	С	С

	(толуол – 10%, этиловый спирт- 64%, н-бутиловый спирт - 10%, этилцеллозольв - 6%)					
	РМЛ-218, МРТУ 6-10-729-68 (н-бутилацетат - 9%, ксилол - 21,5%, толуол - 21,5%, этиловый спирт- 16%, н-бутиловый спирт - 3%, этилцеллозольв - 13%, этилацетат - 16%)	$C_{4,791}H_{8,318}O_{0,974}$	С	С	С	С
	РМЛ-315, ТУ 6-10-1013-70 (н-бутилацетат - 18%, ксилол - 25%, толуол – 25%, н-бутиловый спирт- 15%, этилцеллозольв - 17%)	$C_{5,962}H_{9,779}O_{0,845}$	С	С	С	С
	646-состав (этилцеллозольв - 8%, ацетон -7%, бутилацетат – 1%, бутиловый спирт - 15%, этиловый спирт - 50%, толуол - 10%) спирт - 15%		С	С	С	С
80	Уайт-спирт ГОСТ 3134-78	$C_{10,5}H_{21,0}$	С	С	С	С

Примечание.
С - совместимые вещества, Н - несовместимые вещества.

Экспериментальные исследования проводились ДОАО "Газпроектинжиниринг" в соответствии с п. 4.15. ГОСТ 12.1.044-89 "Экспериментальное определение способности веществ взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами".

Таблица Б.2

Экспериментальные данные по совместимости веществ при температуре до 50 °С

№ п/п	Горючее вещество	Химическая формула	Окислитель			
			Перекись водорода H_2O	Серная кислота H_2SO_4	Азотная кислота HNO_3	Соляная кислота HCl
1	Дизельное топливо		С	С	С	С
2	Анилин	C_6H_7N	С	Н	Н	Н
3	Муравьиная кислота	CH_2O_2	С	Н	Н	С
4	Изоамилацетат	$C_7H_{14}O_2$	С	Н	С	С
5	Моноэтаноламин	C_2H_7ON	С	Н	Н	Н
6	Скипидар	-	С	С	Н	С
7	1,2 Дихлорэтилен	$C_2H_2Cl_2$	С	С	С	С
8	Изоамиловый спирт	$C_5H_{12}O$	С	Н	Н	С
9	Петролейный эфир	-	С	С	С	С

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(рекомендуемое)

ПРИМЕРЫ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТИ КОНДЕНСАЦИИ ПАРОВ ЛВЖ И ГЖ В СИСТЕМАХ МЕСТНЫХ ОТСОСОВ

Пример 1

Определить возможность конденсации паров ацетона в системе местных отсосов (без резервного вентилятора) в соответствии с исходными данными, изложенными в примере 4 *прилож*, А *Методики*.

В соответствии со СНиП 23-01-99* самая низкая температура воздуха в холодный период года t_{MIN} в г. Мурманске составляет минус 27 °С.

$$\varphi_o = 2,7\% \text{ (об.)}$$

$$P = 1,013 \cdot 0,5 \cdot 2,7 = 1,37 \text{ кПа}$$

$$t_p = \frac{1281,72}{6,38 - 0,137} - 237,09 = 205,4 - 237,09 = -31,7 \text{ °C}$$

(для сравнения по табл. Стэлла Д.Р.[5] t_p = минус 31,1 °С).

Поскольку t_p = минус 31,7 °С ниже t_{MIN} = минус 27 °С, то конденсации в системе местных отсосов не произойдет.

В примере 4 прилож. А в качестве одного из выводов содержится рекомендация об установке резервного вентилятора. В этом случае t_{MIN} будет равно (при l = 20 м, d = 0,2 м, u = 10 м/с, $t_в$ = 20 °С, для категории работ в холодный период года в соответствии с нормируемыми параметрами *микроклимата*):

$$t_{MIN} = -27 + (20 + 27)e^{\frac{0,09 \cdot 20}{10 \cdot 0,2}} = -27 + 47 \cdot 0,41 = -7,73 \text{ °C}.$$

Таким образом, и при установке резервного вентилятора конденсации паров ацетона в системе не произойдет, так как t_{MIN} больше t_p.

Пример 2

1 Исходные данные

1.1 Насосная станция (Московская область) осуществляет пятью насосами перекачку метанола. Объем помещения 120 м. Производительность каждого насоса - 1 м^3/ч. Общеобменная вентиляция обеспечивает кратность воздухообмена 9,5 в ч.

Производительность вентилятора 860 м^3/ч. Имеется резервный вентилятор производительностью 560 м^3/ч. Аварийная вентиляция для помещения не предусмотрена.

Необходимо определить, произойдет ли конденсация паров метанола в системе местных отсосов при реализации проекта, предусматривающего реконструкцию вентиляции и размещение над насосами местных отсосов с оборудованием во взрывобезопасном исполнении.

1.2 Метиловый спирт CH_4O: мол. масса 32,04; плотность 786,9 кг/м^3 при 25 °С.

Уравнение Антуана:

$\lg P_{НАС} = 7,3527 - 1660,454 \cdot (245,818 + t)$ (при температуре от -10 °С до +90 °С)

φ = 6,98% (об.);

$t_н$ = минус 26 °С (согласно СНиП 23-01-99* для г. Москвы);

$t_в$ = 18 °С (в соответствии с нормируемыми параметрами микроклимата);

d = 0,2 м; l = 20 м ; u = 10 м/с (проектные данные).

2. Расчет

Поскольку насосная оборудована резервным вентилятором, то t_{MIN} определяем по формуле (19):

$$t_{MIN} = -26 + (18 + 26)e^{\frac{0,09 \cdot 20}{10 \cdot 0,2}} = -26 + 44 \cdot e^{-0,9} = -7,96 \text{ °C}.$$

Определяем точку росы t_p:

$$P = 1,013 \cdot 0,5 \cdot 6,98 = 3,54 \text{ кПа},$$

$$t_p = \frac{B}{A - \lg P} - C = \frac{1845,459}{6,6294 - \lg 0,86} = -153,949 = 121,7 \text{ °C}.$$

Поскольку t_{MIN} *меньше* t_p при реализации проекта реконструкции вентиляции, в воздуховодах за пределами отапливаемой зоны произойдет конденсация паров, поэтому

объединять местные отсосы от насосов в одну систему нельзя. Следует предусмотреть устройство воздуховода с уклоном 0,005 и дренажа в нижних точках системы для конденсирующихся паров.

Пример 3

1. Исходные данные

1.1 Насосная подача диэтиленгликоля на Касимовском ПХГ (филиал ООО "Мострансгаз". Московская область).

Два насоса (один резервный) типа 10/100, производительностью 10 м^3/ч. Имеется приточная принудительная вентиляция кратностью 5,5 об/ч. Удаление воздуха организовано.

Требуется выполнить расчет по обоснованию отсутствия или наличия конденсации паров на охлаждаемых участках вентиляционной системы при организации вытяжной вентиляции в виде местных отсосов от каждого из насосов (без резервного вентилятора).

1,2 Диэтиленгликоль (2,2 - оксидиэтанол, 2,2 - дигидроксидиэтиловый эфир, дигликоль) $C_4H_{10}O_3$ горючая бесцветная вязкая гигроскопичная жидкость. Молярная масса 106,12; плотность 1119 кг/м^3; плотность пара по воздуху 3,66; НКПР 1,7% (об.).

Коэффициенты к уравнению Антуана для диэтиленгликоля:

A = 6,6294; B = 1845,459; C = 153,949;

$t_н$ = -26 °С (согласно СНиП 23-01-99* для г. Москвы);

d = 0,2 м; l = 10 м (по проектным данным для воздуховодов за пределами отапливаемой зоны здания).

2 Расчет

Определим точку росы $t_р$.

$$P = 1{,}013 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}7 = 0{,}86 \text{ кПа},$$

$$t_р = \frac{1660{,}454}{7{,}3527 - \lg 3{,}54} - 245{,}818 = -1{,}05 \text{ °С}.$$

Поскольку $t_р$ *больше* $t_{MIN} = t_н$ (при отсутствии резервного вентилятора), то конденсация паров диэтиленгликоля возможна и требуется проектирование автономной системы местных отсосов для удаления указанной паровоздушной смеси от каждого насоса. Следует предусмотреть устройство воздуховода с уклоном 0,005 и дренажа в нижних точках системы для конденсирующихся паров.

Пример 4

1 Исходные данные

1.1 Лаборатория технологических разработок в ЦЗЛ Астраханского ГПК имеет систему местных отсосов, состоящую из двух вытяжных шкафов, оборудованных вентилятором Ц4-70 № 3,2 производительностью 1005 м^3/ч (без резервного вентилятора). Электродвигатель во взрывобезопасном исполнении.

В вытяжных шкафах параллельно проводят химические анализы с использованием бензина А-93 и серной кислоты (1-й шкаф) и бензина А-93 и пероксида водорода (2-й шкаф).

Количество бензина в каждом вытяжном шкафу - 2 л, окислителей - по 1 л.

Необходимо определить совместимость бензина и окислителей, а также возможность конденсации горючего компонента в системах местных отсосов.

1.2 Химическая формула бензина А-93 $C_{5,911}H_{12,166}$, бензин относится к ЛВЖ, $\varphi_о$ = 1,1% (об). Константы уравнения Антуана

A = 4,2651; B = 695,019; C = 223,22.

Расчет.

Из табл. Б1 прилож. Б следует, что бензин А-93 совместим с серной кислотой и пероксидом водорода. Определим, возможна ли конденсация паров бензина в воздуховодах местных отсосов.

В соответствии со СНиП 23-01-99* самая низкая температура воздуха в холодный период года (t_{MIN}) в г. Астрахани составляет минус 23 °С.

$$P = 1{,}013 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}1 = 0{,}56 \text{ кПа},$$

$$t_р = \frac{695{,}019}{4{,}2651 - \lg 0{,}56} - 223{,}22 = -69{,}45 \text{ °С}.$$

Поскольку $t_р$ = -75,08 °С ниже t_{MIN} = -23 °С, конденсации бензина в местных отсосах не произойдет.

Аналогичные расчеты, проведенные для серной кислоты и пероксида водорода, показали, что конденсации их паров в воздуховодах не происходит.

В системе местных отсосов отсутствует резервный вентилятор, поэтому расчета по формуле (19) не требуется.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ НЕКОТОРЫХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ, СМЕСЕЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

Таблица Г1

Значение показателей пожарной опасности некоторых индивидуальных веществ

№ п/п	Вещество	Химическая формула	Молярная масса	Температура вспышки, °С	Температура самовоспламенения, °С	Константы уравнения Антуана			Температурный интервал значений констант Антуана, °С	Нижний концентрационный предел распространения пламени, % (об)	Характеристика вещества	Удельная теплота сгорания, кДж/кг
						A	B	C				
1	Амилацетат	$C_7H_{14}O_2$	330,196	+43	+290	6,29350	1579,510	221,147	25÷147	1,08	ЛВЖ	29879
2	Амилен	C_5H_{10}	70,134	<-18	+273	5,91048	1014,294	229,783	-50÷100	1,49	ЛВЖ	45017
3	н-Амиловый спирт	$C_5H_{12}O$	88,149	+48	+300	6,3073	1287,625	161,330	74÷157	1,46	ЛВЖ	38385
4	Аммиак	NH_3	17,03	-	+650	-	-	-	-	15,0	ГГ	18585
5	Анилин	C_6H_7N	93,128	+73	+617	6,04622	1457,02	176,195	35÷184	1,3	ГЖ	32386
6	Ацетальдегид	C_2H_4O	44,053	-40	+172	6,31653	1095,537	233,413	-80÷20	4,12	ЛВЖ	27071
7	Ацетилен	C_2H_2	26,038	-	+335	-	-	-	-	2,5	ГГ	49965
8	Ацетон	C_3H_6O	58,08	-18	+535	6,37551	1281,721	237,088	-15÷93	2,7	ЛВЖ	31360
9	Бензиловый спирт	C_7H_8O	108,15	+90	+415	-	-	-	-	1,3	ГЖ	-
10	Бензол	C_6H_6	78,113	-11	+560	5,61391 6,10906	902,275 1252,776	178,099 225,178	-20÷6 -7÷80	1,43	ЛВЖ	40576
11	1,3-Бутадиен	C_4H_6	54,091	-	+430	-	-	-	-	2,0	ГГ	60100
12	н-Бутан	C_4H_{10}	58,123	-69	+405	6,00525	968,098	242,555	-130÷0	1,8	ГГ	45713
13	1-Бутен	C_4H_8	56,107	-	+384	-	-	-	-	1,6	ГГ	45317
14	2-Бутен	C_4H_8	56,107	-	+324	-	-	-	-	1,8	ГГ	45574
15	н-Бутилацетат	$C_6H_{12}O_2$	116,16	+29	+330	6,25205	1430,418	210,745	59÷126	1,35	ЛВЖ	28280
16	втор-Бутилацетат	$C_6H_{12}O_2$	116,16	+19	+410	-	-	-	-	1,4	ЛВЖ	28202
17	н-Бутилен	C_4H_8	56,11	-	+384	5,96213	925,47	240,000	-83÷22	1,6	ГГ	45500
18	н-Бутиловый спирт	$C_4H_{10}O$	74,122	+35	+340	8,72232	2664,684	279,638	-1÷126	1,8	ЛВЖ	36805
19	Винилхлорид	C_2H_3Cl	62,499	-	+470	6,0161	905,008	239,475	-65÷-13	3,6	ГГ	18496
20	Водород	H_2	2,016	-	+510	-	-	-	-	4,12	ГГ	119841

21	*н-Гексадекан*	$C_{16}H_{34}$	226,44	+128	+207	5,91242	1656,405	136,869	105÷287	0,47	ГЖ	44312
22	н-Гексан	C_6H_{14}	86,177	-23	+233	5,99517	1166,274	223,661	-54÷69	1,24	ЛВЖ	45106
23	н-Гексиловый спирт	$C_6H_{14}O$	102,17	+60	+285	6,17894 7,23663	1293,831 1872,743	152,631 202,666	52÷157 60÷108	1,2	ЛВЖ	39587
24	Гептан	C_7H_{16}	100,203	-4	+223	6,07647	1295,405	219,819	60÷98	1,07	ЛВЖ	44919
25	Гидразин	N_2H_4	32,045	+38	+132	7,99805	2266,447	266,316	84÷112	4,7	ЛВЖ	14644
26	Глицерин	$C_3H_8O_3$	92,1	+198	+400	8,177393	3074,220	214,712	141÷263	2,6	ГЖ	16102
27	Декан	$C_{10}H_{22}$	142,26	+47	+230	6,52023	1809,975	227,700	17÷174	0,7	ЛВЖ	44602
28	Дивиниловый эфир	C_4H_6O	70,1	-30	+360	-	-	-	-	1,7	ЛВЖ	32610
29	Диметилформамид	C_3H_7ON	73,1	+53	+440	6,15939	1432,985	204,342	25÷153	2,35	ЛВЖ	-
30	1,4-Диоксан	$C_4H_8O_2$	88,1	+11	+375	6,64091	1632,425	250,725	12÷101	2,0	ЛВЖ	-
31	1,2-Дихлорэтан	$C_2H_4Cl_2$	98,96	+9	+413	6,78915	1640,179	259,715	-24÷83	6,2	ЛВЖ	10873
32	Диэтиламин	$C_4H_{11}N$	73,14	-14	+310	6,34794	1267,557	236,329	-33÷59	1,78	ЛВЖ	34876
33	Диэтиловый эфир	$C_4H_{10}O$	74,12	-41	+180	6,12270	1098,945	232,372	-60÷35	1,7	ЛВЖ	34147
34	Н-Додекан	$C_{12}H_{26}$	170,337	+77	+202	7,29574	2463,739	253,884	48÷214	0,63	ГЖ	44470
35	Изобутан	C_4H_{10}	58,123	-76	+462	5,95318	916,054	243,783	-159÷12	1,81	ГГ	45578
36	Изобутилен	C_4H_8	56,11	-	+465	-	-	-	-	1,78	ГГ	45928
37	Изобутиловый спирт	$C_4H_{10}O$	74,12	+28	+390	7,83005	2058,392	245,642	-9÷116	1,8	ЛВЖ	36743
38	Изопентан	C_5H_{12}	72,15	-52	+432	5,91799	1022,551	233,493	-83÷28	1,36	ЛВЖ	45239
39	Изопрен	C_5H_8	68,12	-	+400	6,028253	1080,996	243,668	-50÷100	1,7	ГГ	43900
40	Изолропилбензол	C_9H_{12}	120,20	+37	+424	6,06756	1461,643	207,56	2,9÷152,4	0,88	ЛВЖ	46663
41	Изопропиловый спирт	C_3H_8O	60,09	+14	+430	7,51055	1733,00	232,380	-26÷148	2,23	ЛВЖ	34139
42	м-Ксилол	C_8H_{10}	106,17	+28	+530	6,13329	1461,925	215,073	-20÷220	1,1	ЛВЖ	52829
43	о-Ксилол	C_8H_{10}	106,17	+31	+460	6,28893	1575,114	223,579	-3,8÷144	1,0	ЛВЖ	41217
44	п-Ксилол	C_8H_{10}	106,7	+26	+528	6,25485	1537,082	223,608	-8,1÷138	1,1	ЛВЖ	41208
45	Метан	CH_4	16,04	-	+537	5,68923	380,224	264,804	-182÷162	5,28	ГГ	50000
46	Метиловий спирт	CH_4O	32,04	+6	+440	7,3527	1660,454	245,818	-10÷90	6,98	ЛВЖ	23839
47	Метилпропилкетон	$C_5H_{10}O$	86,133	+6	+452	6,98913	1870,4	273,2	-17÷103	1,49	ЛВЖ	33879
48	Метилэтилкетон	C_4H_8O	72,107	-6	-	7,02453	1292,791	232,340	-48÷80	1,90	ЛВЖ	-
49	Нафталин	$C_{10}H_8$	128,06	+80	+520	9,67944 6,7978	3123,337 2206,690	243,569 245,127	0÷80 80÷159	0,9	ТГВ	39435
50	н-Нонан	C_9H_{20}	128,257	+31	+205	6,17776	1510,695	211,502	2÷150	0,78	ЛВЖ	44684
51	Оксид углерода	CO	28,01	-	+605		-	-	-	12,5	ГГ	10104
52	Оксид этилена	C_2H_4O	44,05	-18	+430	-	-	-	-	3,2	ГГ	27696
53	н-Октан	C_8H_{18}	114,23	+14	+215	6,09396	1379,556	211,896	-14÷126	0,9	ЛВЖ	44787
54	н-Пентадекан	$C_{15}H_{32}$	212,42	+115	+203	6,073	1739,084	157,545	92÷270	0,5	ГЖ	44342
55	н-Пентан	C_5H_{12}	72,15	-44	+286	5,97208	1062,555	231,805	-50÷36	1,47	ЛВЖ	45350

56	γ-Пиколин	C_6H_7N	93,128	+39	+578	6,44362	1632,315	224,787	70÷145	1,4	ЛВЖ	36702
57	Пиридин	C_5H_5N	79,10	+20	+530	5,91614	1217,730	196,342	-19÷116	1,8	ЛВЖ	35676
58	Пропан	C_3H_8	44,096	-96	+470	5,95547	813,864	248,116	-189÷-42	2,3	ГГ	46353
59	Пропилен	C_3H_6	42,080	-	+455	5,94852	736,532	247,243	-107,3÷-47,1	2,4	ГГ	45604
60	н-Пропиловый спирт	C_3H_8O	60,09	+73	+371	7,44201	1751,981	225,125	0÷97	2,3	ЛВЖ	34405
61	Сероводород	H_2S	34,076	-	+245	-	-	-	-	4,3	ГГ	-
62	Сероуглерод	CS_2	76,14	-43	+102	6,12537	1202,471	245,616	-15÷80	1,0	ЛВЖ	14020
63	Стирол	C_8H_8	104,14	+30	+490	7,06542	2113,057	272,968	-7÷146	1,1	ЛВЖ	43888
64	Тетрагидрофуран	C_4H_8O	72,1	-20	+250	6,12008	1202,29	226,254	23÷100	1,8	ЛВЖ	34730
65	н-Тетрадекан	$C_{14}H_{30}$	198,39	+103	+201	6,40007	1950,497	190,513	76÷254	0,5	ГЖ	44377
66	Толуол	C_7H_8	92,14	+7	+535	6,0507	1328,171	217,713	-26,7÷110,6	1,27	ЛВЖ	40936
67	н-Тридекан	$C_{13}H_{28}$	184,36	+90	+204	7,09388	2468,910	250,310	59÷236	0,58	ГЖ	44424
68	2,2,4-Триметилпентан	C_8H_{18}	114,230	-4	+411	5,93682	1257,84	220,735	-60÷175	1,0	ЛВЖ	44647
69	Уксусная кислота	$C_2H_4O_2$	60,05	+40	+465	7,10337	1906,53	255,973	-17÷118	4,0	ЛВЖ	13097
70	н-Ундекан	$C_{11}H_{24}$	156,31	+62	+205	6,80501	2102,959	242,574	31÷197	0,6	ГЖ	44527
71	Формальдегид	CH_2O	30,03	-	+430	5,40973	607,399	197,626	-19÷60	7,0	ГГ	19007
72	Фталевый ангидрид	$C_8H_4O_3$	148,1	+153	+580	7,12439	2879,067	277,501	134÷285	1,7 (15 $гм^3$)	ТГВ	-
73	Хлорбензол	C_6H_5Cl	112,56	+29	+637	6,38605	1607,316	234,351	-35÷132	1,4	ЛВЖ	27315
74	Хлорэтан	C_2H_5Cl	64,51	-50	+510	6,11140	1030,007	238,612	-56÷12	3,8	ГГ	19392
75	Циклогексан	C_6H_{12}	84,16	-17	+259	5,96991	1203,526	222,863	6,5÷200	1,3	ЛВЖ	34833
76	Этан	C_2H_6	30,069	-	+515	-	-	-	-	2,9	ГГ	52413
77	Этилацетат	$C_4H_8O_2$	88,10	-3	+446	6,22672	1244,951	217,881	18÷75,8	2,0	ЛВЖ	23587
78	Этилбензол	C_8H_{10}	106,16	+20	+431	6,35879	1590,660	229,581	-9,8÷136,2	1,0	ЛВЖ	41323
79	Этилен	C_2H_4	28,05	-	+435	-	-	-	-	2,7	ГГ	46988
80	Этиленгликоль	$C_2H_6O_2$	62,068	+111	+412	8,1375	2753,183	252,009	53÷198	4,29	ГЖ	19329
81	Этиловый спирт	C_2H_6O	46,07	+13	+400	7,81158	1918,508	252,125	-31÷78	3,6	ЛВЖ	30562
82	Этилцеллозольв	$C_4H_{10}O_2$	90,1	+40	+235	7,86626	2392,56	273,15	20÷135	1,8	ЛВЖ	26382

Таблица Г1

Значения показателей пожарной опасности некоторых смесей и технических продуктов

№ п/п	Продукт (ГОСТ, ТУ) (состав смеси)(масс. %)	Суммарная формула	Молярная масса кг/моль	Температура вспышки, °С	Температура самовоспламенения, °С	Константы уравнения Антуана			Температурный интервал значений констант Антуана, °С	Нижний концентрационный предел распространения пламени, % (об)	Характеристика вещества	Удельная теплота сгорания, кДж/кг
						A	B	C				
1	Бензин Б-70 авиационный (ГОСТ Р 51105-97)	$C_{7,267}H_{14,796}$	102,2	-34	+300	7,54424	2629,65	384,195	-0÷100	0,79	ЛВЖ	44094
2	Бензин А-72 (зимний) (ГОСТ Р 51105-97)	$C_{6,991}H_{13,108}$	97,2	-36	-	4,19500	682,876	222,066	-60÷85	1,08	ЛВЖ	44239
3	Бензин АИ-93 (летний) (ГОСТ Р 51105-97)	$C_{7,024}H_{13,706}$	98,2	-36	-	4,12311	664,976	221,695	-60÷55	1,06	ЛВЖ	43641
4	Бензин АИ-93 (зимний) (ГОСТ Р 51105-97)	$C_{6,911}H_{12,188}$	95,3	-37	-	4,26511	695,019	223,220	-60÷90	1.1	ЛВЖ	43641
5	Дизельное топливо "З" (ГОСТ 305-82)	$C_{12,343}H_{23,889}$	172,3	> +35	+225	5,07818	1255,73	199,523	40÷ 210	0,61	ЛВЖ	43590
6	Дизельное топливо "Л" (ГОСТ 305-82)	$C_{14,511}H_{29,120}$	203,6	> +40	+210	5,00109	1314,04	152,473	60÷240	0,52	ЛВЖ	43419
7	Керосин осветительный КО-20 (ГОСТ 4753-68)	$C_{13,595}H_{26,880}$	191,7	> +40	+227	4,82177	1211,73	194,677	40÷240	0,55	ЛВЖ	43692
8	Керосин осветительный КО-22 (ГОСТ 4753-68)	$C_{10,914}H_{21,832}$	153,1	> +40	+245	5,59599	1394,72	204,260	40÷190	0,64	ЛВЖ	43692
9	Керосин осветительный КО-25 (ГОСТ 4753-68)	$C_{11,054}H_{21,752}$	154,7	> +40	+236	5,12496	1223,85	203,341	40÷190	0,66	ЛВЖ	43692
10	Ксилол (смесь изомеров) (ГОСТ 9410-78)	C_8H_{10}	106,17	+29	+490	6,17372	1473,16	220,535	0÷50	1,1	ЛВЖ	43154
11	Масло трансформаторное (ГОСТ 982-80)	$C_{21,74}H_{42,28}S_{0,04}$	303,9	> +135	+270	6,88412	2524,17	174,010	164÷343	0,29	ГЖ	43111
12	Масло АМТ-300 (ТУ 38-15-68)	$C_{22,25}H_{33,48}S_{0,34}N_{0,07}$	312,9	> +170	+290	6,12439	3240,001	167,85	170÷376	0,2	ГЖ	42257
13	АМТ-300Г	$C_{19,04}H_{24,58}S_{0,196}N_{0,04}$	260,3	> +189	+334	5,62020	2023,77	164,05	171÷396	0,2	ГЖ	41778
14	РастворительР-4 (н-бутилацетат- 12%, толуол - 62%, ацетон - 26%)	$C_{5,452}H_{7,606}O_{0,535}$	81,7	-7	+550	6,29685	1373,667	242,828	-15÷100	1,65	ЛВЖ	40936
15	Растворитель Р-4 (ксилол -	$C_{6,231}H_{7,798}O_{0,223}$	86,7	-4	-	6,27853	1415,199	244,752	-15÷100	1,38	ЛВЖ	43154

	15%, толуол - 70%, ацетон - 15%)											
16	Растворитель Р-5 (н-бутилацетат – 30%, ксилол – 40%, ацетон –30%)	$C_{5,309}H_{8,655}O_{0,897}$	86,8	-9	-	6,30343	1378,851	245,039	-15÷100	1,57	ЛВЖ	43154
17	Растворитель Р-12 (н-бутилацетат - 30%, ксилол-10%, толуол - 60%)	$C_{6,837}H_{9,217}O_{0,515}$	99,6	+10	-	6,17297	1403,079	221,483	0÷100	1,26	ЛВЖ	43154
18	Растворитель М (н-бутилацетат - 30%, бутилацетат – 5%, этиловый спирт - 60%, изобутиловый спирт- 5%)	$C_{2,761}H_{7,147}O_{1,187}$	59,36	+6	+397	8,05697	2083,566	267,735	0÷50	2,79	ЛВЖ	
19	Растворитель РМЛ, (ТУКУ 467-56) (толуол – 10%, этиловый спирт- 64%, н-бутиловый спирт - 10%, этилцеллозольв - 6%)	$C_{2,645}H_{6,810}O_{1,038}$	55,34	+10	+374	8,69654	2487,724	290,920	0÷50	2,85	ЛВЖ	40936
20	Растворитель РМЛ-218 (МРТУ 6-10-729-68) (н-бутилацетат - 9%, ксилол - 21,5%, толуол - 21,5%, этиловый спирт- 16%, н-бутиловый спирт - 3%, этилцеллозольв - 13%, этилацетат - 16%)	$C_{4,791}H_{8,318}O_{0,974}$	81,51	+4	+399	7,20244	1761,043	251,546	0÷50	1,72	ЛВЖ	43154
21	Растворитель РМЛ-315 (ТУ 6-10-1013-70) (н-бутилацетат - 18%, ксилол - 25%, толуол – 25%, н-бутиловый спирт- 15%, этилцеллозольв - 17%)	$C_{5,962}H_{9,799}O_{0,845}$	94,99	+16	+367	6,83653	1699,687	241,00	0÷50	1,25	лаж	43154
22	Уайт-спирт (ГОСТ 3134-78)	$C_{10,5}H_{21,0}$	147,3	> +33	+250	7,13623	2218,3	373,15	20÷80	0,7	ЛВЖ	43966

Примечание. Размерность констант уравнения Антуана в табл. Г1 и Г2 такова, чтобы вычислить давление насыщенных паров жидкостей в кПа для температуры, выраженной в °С.

Таблица Г3

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ СУГ

СУГ	Плотность жидкой фазы при 0 °С, кг/м^3	Плотность газовой фазы при 20 °С, кг/м^3	Плотность газовой фазы по воздуху кг/м^3	Температура кипения, °С	Теплоемкость жидкой фазы при 0 °С, кДж/кг, К	Коэффициент теплопроводности жидкой фазы при 0 °С, Вт/(м·К)	Удельная теплота испарения при температуре кипения, кДж/кг	Параметры критического состояния		
								Температура, К	Давление, МПа	Объем, см^3/моль
Этилен	566	1,17	0,97	-103,7	2,415	-	483,0	-	-	-
Пропилен	609	1,78	1,45	-47,7	2,43	0,104	437,5	365,0	4,56	181
Пропан	528	1,87	1,45	-42,1	2,23	0,097	425,7	369,8	4,19	203
1,3-Бутадиен	650	2,2	1,88	-4,5	2,15	0,100	448,6	425,0	4,27	221
н-Бутилен	646	2,33	1,94	-6,9	2,23	0,100	390,6	419,6	3,97	240
Изобутилен	646	2,33	1,93	-7,0	2,17	0,113	394,2	417,9	3,95	239
н-Бутан	601	2,5	2,07	-0,5	2,24	0,109	385,3	425,2	3,75	255
Изобутан	582	2,5	2,07	-11,7	2,24	0,107	366,4	408,1	3,60	263
н-Пентан	646	3,2	2,47	-36,1	2,67	0,100	357,2	465,6	3,33	304

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(рекомендуемое)

ПЕРЕЧЕНЬ ПАРАМЕТРОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ В РАСЧЕТНЫХ ФОРМУЛАХ МЕТОДИКИ

Таблица Д1

Наименование и обозначение параметра	Источник			
	Расчетная формула	Таблицы методики	Справочные данные	Исходные данные
φ - нижний концентрационный предел распространения пламени при расчетной температуре, % об.	$\varphi = \varphi_0 \left(1 - \frac{T_р - T_0}{1550 - T_0}\right)$	Г1, Г2	[1, 2]	-
$\varphi_ж$ - нижний концентрационный предел распространения пламени, % об.	-	Г1, Г2	[1, 2, 6]	-
T_0, $T_р$ соответственно начальная и расчетная температуры, К	-	-	-	X
k - нижний концентрационный предел распространения пламени вещества при расчетной температуре, кг/м^3	$k = \frac{\varphi \cdot M}{100 \cdot V_0 (1 + 0,00367 - t_р)}$	-	-	-
$t_р$ - расчетная температура, °С	-	-	-	X
V_0 – мольный объем, м^3/кмоль	-	-	22,413	-
M - молярная масса, кг/кмоль	-	Г1, Г2	[1, 2]	-
q - минимальный безопасный расход воздуха в местных отсосах, обеспечивающий удаление горючих газов, паров, аэрозолей и пыли с концентрацией, не превышающей 50%	$q = \frac{2m}{k}$	-	-	-

нижнего концентрационного предела распространения пламени при расчетной температуре, $м^3/с$				
m - скорость поступления взрывоопасного вещества в местный отсос при утечке паров и газов через неплотности герметично закрытых аппаратов с неразъемными и разъемными соединениями, работающими под давлением, кг/с	$m_у = K \cdot C \cdot V \sqrt{\frac{M}{T_р}}$	-	-	-
K – коэффициент, учитывающий степень износа производственного оборудования.	-	-	-	X(1-2)
C - коэффициент, зависящий от давления паров и газов в аппарате	-	1 (п. 6.4)	-	-
V - внутренний (свободный) объем аппаратов и коммуникаций, находящихся под давлением, $м^3$	-	-	-	X
$m_п$ - скорость поступления взрывоопасного вещества в местный отсос при утечке паров и газов через сальниковые уплотнения поршневого насоса, перекачивающего легкие, холодные нефтепродукты, кг/с	$m_п = 2{,}78 \cdot 10^{-5} \cdot p \cdot A \sqrt{P}$	-	-	-
p - периметр штока насоса, м	-	-	-	X
P - рабочее давление, создаваемое насосом, кПа	-	-	-	X
A - коэффициент равный 5 для высоколетучих жидкостей, 2,5 - для обычных бензинов и керосинов	-	-	-	-
$m_ц$ - скорость поступления взрывоопасного вещества в местный отсос при утечке паров и газов через сальниковые уплотнения центробежного насоса, перекачивающего легкие жидкости, кг/с	$m_ц = 1{,}57 \cdot 10^{-7} \cdot d \cdot \rho_ж \cdot \sqrt{P}$	-	-	-
d - периметр штока и насоса, м				
ρ - плотность жидкости, кг/м	-	Табл. Г3	[1, 2]	
$m_н$ – масса водорода, образующаяся в единицу времени при зарядке нескольких аккумуляторных батарей $m_н = 1{,}04 \cdot 10^{-8} \cdot \left(1 + \frac{T_р}{273}\right) \sum_1^k I_i \cdot N_i$				
I_i - максимальный зарядный ток i-й батареи, А	-	-		X
к – число аккумуляторов	-	-	-	X
N_i – количество аккумуляторных элементов в i-й батарее	-	-	-	X
$m_ж$ - скорость поступления паров в местный отсос при испарении поверхности разлитой жидкости или из открытых емкостей	$m_ж = 10^{-6} \eta \sqrt{M} \cdot P_н \cdot F_ж$	Табл. 3 п. 6.6	-	-
η - коэффициент, зависящий от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения	-			
$F_ж$ - площадь испарения, $м^2$	-	п. 6.6.1	-	X
$P_н$ - давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, кПа	$P_н = (10^{A - \frac{B}{C + t_р}}) \cdot \chi$		[8, 9, 10, 11]	
A, B, C – константы уравнения Антуана		Табл. Г1	[8, 9, 10, 11]	
χ - объемная доля горючей жидкости в смеси (для чистых горючих жидкостей $\chi = 1$)	-	-	-	X

$m_{СУГ}$ - интенсивность испарения при проливе сжиженных углеводородных газов (кг/м^{3}с), при температуре подстилающей поверхности от -50 до +40 °С $$m_{СУГ} = \frac{10^{-3} M}{l_{исп}} (T_0 - T_ж) \left(\frac{0,2 \lambda_{ТВ}}{\sqrt{\pi \cdot \alpha}} + \frac{5,1 \cdot \lambda_в \cdot \sqrt{Re}}{d} \right)$$		-	-	-
$L_{исп}$ - мольная теплота испарения СУГ при начальной температуре СУГ, Дж/моль	-	Табл. Г3	[4]	-
T_0 - начальная температура материала, на поверхность которого разливается СУГ соответствующая расчетной температуре $t_р$, К	-	-	-	X
$T_ж$ - начальная температура СУГ, К	-	-	-	X
$\lambda_{ТВ}$ - коэффициент теплопроводности материала, на поверхность которого разливается СУГ, Вт/(м·К)	-	-	[6, 8]	-
α - эффективный коэффициент температуропроводности материала, на который проливается СУГ, м^2/с	-	-	[6,8]	-
$\lambda_в$ - коэффициент теплопроводности воздуха при расчетной температуре $t_р$, Вт/(м·К)	-	-	[6, 8]	-
Re - число Рейнольдса	$Re = \frac{u \cdot d}{v}$	-	-	-
u - скорость воздушного потока, м/с.	-	-	-	X
d - характерный размер (наибольшая длина поверхности испарения, можно принимать подкоренное значение площади испарения)	-	-	-	X
v - кинематическая вязкость при расчетной температуре $t_р$, м^2/с.	-	-	[6, 7, 11]	-
ΔP - давление взрыва (кПа), создаваемое при сгорании горючих веществ в помещении	$\Delta P = \frac{1,19 \cdot 10^{-4} M_i H_i Z_i}{V_{св}}$	-	-	-
M_i - масса i-го вещества, поступающего в помещение в течение часа, кг. Если время поступления вещества меньше 1 ч, то в формулу (12) вместо M_i следует принимать массу этого вещества.	$M_i = 3600 \cdot m_i$	-	-	X
m_i - масса i-го вещества, поступающего в помещение в единицу времени, кг/с	-	См. выше	-	-
$V_{св}$ - свободный объем помещения, м^3	-	-	-	X
H_i - теплота сгорания i-го вещества, Дж/кг	Г1, Г2	[9-11]	-	
Z_i - коэффициент участия i-го вещества во взрыве			НПБ 105-03	-
$k_п$ - концентрация горючих веществ (кг/м^3), образующаяся в помещении при остановке вентилятора и продолжающейся работе технологического оборудования	$k_п = \frac{M_i}{V_{св}}$	-	-	-
ψ - отношение, регламентирующее установку резервного вентилятора	$\psi = \frac{k_п}{k}$			
Плотность горючих веществ по отношение к воздуху определяется по отношению: $$v = \frac{\rho}{\rho_в}$$	$v = \frac{M}{1,2 \cdot V_o (1 + 0,00367 \cdot t_р)}$	-	-	-
ρ - плотность горючего вещества при расчетной температуре $t_р$, кг/м^3	$\rho = \frac{M}{V_o (1 + 0,00367 \cdot t_р)}$	Табл. Г1, Г2, Г3	[6-11]	-
$\rho_в$ - плотность воздуха при температуре помещения, кг/м^3.	-	-	[1, 2]	-

$t_р$ - точка росы в зависимости от парциального давления паров ЛВЖ, ГЖ и окислителей.	$t_р = \frac{B}{A - \lg P} - C$ (уравнение Антуана)	-	[5]	-
t_{MIN} - минимальная температура перемещаемой паровоздушной смеси в системе местным отсосов с резервным вентилятором	$t_{MIN} = t_Н + (t_В + t_Н)\cdot\exp\left(-0,09\frac{l}{u\cdot d}\right)$	-	-	-
$t_в$ - начальная температура перемещаемой паровоздушной смеси в системе местных отсосов в °С	-	-	По технологическим данным	X
l - длина воздуха вода за пределами отапливаемой зоны здания, м	-	-	-	X
d - диаметр воздуховода за пределами отапливаемой зоны здания, м	-	-	-	X
u - скорость паровоздушной смеси в воздуховоде за пределами отапливаемой зоны здания, м·с$^{-1}$				
$t_н$ - температура наружного воздуха для холодного периода года	-	-	СНиП 2.04.05-91* прил. Б	-
P - парциальное давление паров ЛВЖ, ГЖ и окислителей, кПа	$P = 1,013\cdot 0,5\varphi_o$	Табл. Г1, Г2	[6-11]	

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(рекомендуемое)

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СПРАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ.: В 2 кн.; Кн. 1 /А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. - М.: Пожнаука, 2004. - 713 с.

2 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ.: В 2 кн.; Кн. 2 /А.Я. Корольченко. - М.: Пожнаука, 2000. - 757 с.

3 Пособие по применению НПБ 105-95 "Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности" при рассмотрении проектно-сметной документации /Шебеко Ю.Н., Смолин И.М, Молчалский И.С. и др. - М.; ВНИИПО, 1998. - 119 с,

4 Справочник по сжиженным углеводородным газам. - Л.: Недра, 1986. - 543 с.

5 Стэлл Д.Р. Таблицы давления паров индивидуальных веществ. - М.: Изд-во иностр. лит., 1949. – 72 с.

6 *Справочник химика*, Т.1. - М.: *Химия*, 1966.

7 Перельман В.И. Краткий справочник химика. – М.: Химия, 1964. - 624 с.

8 Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. - М.: Наука, 1972. – 720 с.

9 Физико-химические свойства индивидуальных углеводородов (рекомендуемые значения). - М.: Гостоптехиздат, 1960. - 412 с.

10 Карапетьянц М.Х., Карапетьянц М.Л. Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ - М.: Химия, 1968. - 472 с.

11 Рабин В.А., Остроумов М.А., Свит Т.Ф. Термодинамические свойства веществ: Справ. - Л.: Химия, 1977. - 389 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ
3 ПОРЯДОК АКТУАЛИЗАЦИИ ДОКУМЕНТА
4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

5 ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ К СИСТЕМАМ МЕСТНЫХ ОТСОСОВ
6 РАСЧЕТ РАСХОДА ВОЗДУХА В СИСТЕМАХ МЕСТНЫХ ОТСОСОВ
7 ОБОСНОВАНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ ВЕЩЕСТВ ПРИ РЕШЕНИИ ВОПРОСА ОБ ОБЪЕДИНЕНИИ МЕСТНЫХ ОТСОСОВ В ОБЩИЕ СИСТЕМЫ
8 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ КОНДЕНСАЦИИ В СИСТЕМАХ МЕСТНЫХ ОТСОСОВ ГГ, ПАРОВ ЛВЖ И ГЖ
9 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ
Приложение А (рекомендуемое). Примеры расчета систем местных отсосов
Приложение Б (рекомендуемое). Данные по совместимости веществ
Приложение В (рекомендуемое). Примеры оценки возможности конденсации паров ЛВЖ и ГЖ в системах местных отсосов
Приложение Г (справочное). Физико-химические характеристики и значения показателей пожарной опасности некоторых индивидуальных веществ, смесей и технических продуктов
Приложение Д (рекомендуемое). Перечень параметров, использующихся в расчетных формулах методики
Приложение Е (рекомендуемое). Перечень рекомендуемых справочных материалов

gost.e-ecolog.ru