

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 28.06.2026 14:03:30
Уникальный программный ключ:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

Министерство образования и науки Российской Федерации
Рязанский институт (филиал)
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский политехнический университет»

Кафедра механико-технологические дисциплины

И. А. Ильчук

**ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
К ЗДАНИЯМ И ПОМЕЩЕНИЯМ
Часть 2**

Учебное пособие по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»
для студентов всех форм обучения, специальностей
и направлений подготовки

Рязань
2019

УДК 699.81
ББК 30н
И48

Ильчук, И. А.

И48 Требования пожарной безопасности к зданиям и помещениям: учебное пособие по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех форм обучения, специальностей и направлений подготовки. Ч. 2. – Рязань: Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2019. – 96 с.

В учебном пособии представлены варианты практических задач по расчёту последствий возникновения пожара, которые позволяют оценить возможные риски, что позволит повысить пожарную безопасность при проектировании и эксплуатации зданий и сооружений.

Предназначается для студентов всех форм обучения, направлений подготовки и специальностей при изучении дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» и разработке раздела выпускной квалификационной работы или дипломного проекта.

Печатается по решению методического совета Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

УДК 699.81
ББК 30н

© Ильчук И. А., 2019
© Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Основные понятия и определения	8
2 Пожарная безопасность в производстве	9
2.1 Общие положения	9
2.2 Количественная оценка пожаровзрывоопасности среды в аппаратах с горючими жидкостями	12
2.3 Количественная оценка пожаровзрывоопасности среды в аппаратах с горючими газами	15
2.4 Количественная оценка пожаровзрывоопасности среды в аппаратах с горючей пылью	15
2.5 Количественная оценка размеров зон взрывоопасных концентраций при испарении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в неподвижную среду	16
2.6 Количественная оценка размеров зон взрывоопасных концентраций при испарении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в подвижную среду	17
2.7 Оценка количества выходящих горючих паров и размеров зон взрывоопасных концентраций при «большом» и «малом» дыханиях	17
2.8 Методики определения количества горючих веществ и площади растекания горючих жидкостей	19
2.9 Расчёт избыточного давления взрыва для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей	20
3 Практические задачи по разделу № 2	23
4 Проектирование и строительство зданий	31
4.1 Пожарно-техническая экспертиза соответствия объёмно-планировочных решений зданий требованиям пожарной безопасности	31
4.2 Пожарно-техническая экспертиза соответствия площади пожарных отсеков требованиям пожарной безопасности	33
4.3 Методика расчёта устойчивости противопожарной стены	39
4.4 Пожарно-техническая экспертиза соответствия генерального плана требованиям пожарной безопасности	42
4.5 Определение величины противопожарных разрывов	45
4.6 Обеспечение безопасной эвакуации людей из помещений и зданий при пожаре	51
4.7 Устройство предохранительных конструкций	54
4.8 Подбор вентилятора системы дымоудаления из поэтажного коридора жилого здания повышенной этажности	56

4.9 Расчёт размеров взрывоопасных зон внутри производственных помещений	61
5 Расчёта параметров легкобрасываемых конструкций	65
6 Практические задачи по разделу № 5	72
Библиографический список	84
Приложение А	86

ВВЕДЕНИЕ

Целью одного раздела дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» является изучение принципов и способов обеспечения пожарной безопасности на объектах промышленности, строительства и на транспорте.

Основными задачами раздела «Пожарная безопасность» дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» являются:

- изучение и освоение методик оценки пожаровзрывоопасности технологических процессов, зданий, сооружений и электрооборудования;
- изучение пожаровзрывоопасности среды внутри и снаружи технологического оборудования;
- изучение причин и закономерностей появления потенциальных источников зажигания при протекании технологических процессов;
- изучение способов и средств обеспечения пожаровзрывобезопасности технологических процессов, зданий, сооружений и электрооборудования.

При изучении раздела «Пожарная безопасность» реализуются компетенции по направлениям и специализациям независимо от формы обучения, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции дисциплины «Безопасность жизнедеятельности»

Направление подготовки	Компетенция	Содержание компетенции
07.03.01	ОК-9	Способность использовать приёмы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
	ОК-11	Способность находить оптимальные организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и готовностью нести за них ответственность
08.03.01	ОК-9	Способность использовать приёмы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
	ОПК-5	Владением основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
	ПК-5	Владение знанием требований охраны труда, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды при выполнении строительно-монтажных, ремонтных работ и работ по реконструкции строительных объектов
08.05.01	ОК-10	Способность использовать приемы оказания первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций

Продолжение таблицы 1

Направление подготовки	Компетенция	Содержание компетенции
08.05.01	ОПК-9	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
13.03.02	ОК-9	Способность использовать приёмы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
	ПК-10	Способность использовать правила безопасности труда, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда
15.03.05	ОК-8	Способность использовать приёмы оказания первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
38.03.01	ОК-9	Способность использовать приёмы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
38.03.02	ОК-8	Способность использовать приёмы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
	ОПК-1	Владение навыками поиска, анализа и использования нормативных и правовых документов в своей профессиональной деятельности
23.03.02	ОК-9	Готовность пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
	ОПК-5	Владение культурой профессиональной безопасности, способность идентифицировать опасности и оценивать риски в сфере своей профессиональной деятельности
	ОПК-6	Готовность применять профессиональные знания для минимизации негативных экологических последствий, обеспечения безопасности и улучшения условий труда в сфере своей профессиональной деятельности
	ПК-13	Способность в составе коллектива исполнителей участвовать в разработке организационных мероприятий по ликвидации последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий и других чрезвычайных ситуаций
23.03.03	ОК-9	Способность использовать приёмы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций

Продолжение таблицы 1

Направление подготовки	Компетенция	Содержание компетенции
23.03.03	ОК-10	Готовность пользоваться основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
	ПК-33	Владение знаниями основ физиологии труда и безопасности жизнедеятельности, умение грамотно действовать в аварийных и чрезвычайных ситуациях, являющихся следствием эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования
23.05.01	ОК-9	Способность использовать приемы оказания первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
	ОПК-8	Способность освоить основные методы защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
	ПК-18	Способность организовывать мероприятия по ликвидации последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий и других чрезвычайных ситуаций

В издании представлены учебные задачи, способствующие усвоению и закреплению пройденного материала по разделу «Пожарная безопасность» дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», а также даны методики количественной оценки пожарной опасности.

Существует метод определения требуемой безопасной площади разгерметизации технологических аппаратов и помещений для снижения внутри них давления взрыва газопаропылевоздушных смесей (приложение Н ГОСТ Р 12.3.047–2012). Имеется также методика расчёта взрывоустойчивости зданий при внутреннем дефлаграционном взрыве газопаровоздушных смесей [3]. За основу при разработке настоящего учебного пособия были приняты требования Федеральных законов от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ и 22.07.2008 г. № 123-ФЗ.

В соответствии с СП 4.13130.2013 помещения категорий А и Б по взрывопожарной и пожарной опасности следует оснащать наружными легко-сбрасываемыми конструкциями (ЛСК), площади которых определяются расчётным путём.

1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

При обосновании взрывопожарной безопасности технологических процессов в машиностроении и производств используют следующие термины с соответствующими определениями [1, 2].

Горение – экзотермическая реакция окисления вещества, сопровождающаяся по крайней мере одним из трех факторов: пламенем, свечением, выделением дыма.

Минимальная энергия зажигания – наименьшее значение энергии электрического разряда, способной воспламенить наиболее легковоспламеняющуюся технологическую среду.

Концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения) – минимальное и максимальное содержание горючего в технологической среде, при котором возможно распространение пламени по среде на любое расстояние от источника зажигания.

Стехиометрическая концентрация – объёмная доля горючего в смеси с воздухом, при сгорании которой ни один из исходных компонентов не остаётся в избытке в продуктах реакции.

Опасность – потенциальная возможность возникновения процессов или явлений, способных вызвать поражения людей, нанести материальный ущерб и разрушительно воздействовать на окружающую среду.

Опасный параметр – параметр, который при достижении критических значений способен создавать опасность для рассматриваемого рода деятельности.

Пожарная безопасность – состояние защищённости личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Технологический процесс – часть производственного процесса, связанная с действиями, направленными на изменение свойств и (или) состояния обращающихся в процессе веществ и изделий.

Технологическая среда – вещества и материалы, обращающиеся в технологической аппаратуре (технологической системе).

2 ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ПРОИЗВОДСТВЕ

2.1 Общие положения

По уровню пожарной опасности технологические процессы подразделяются на два типа [5]:

- технологические процессы повышенной опасности, в которых обращаются пожаровзрывоопасные вещества в количестве, равном или большем порогового значения, указанного в таблице 1;

- технологические процессы, в которых используются пожаровзрывоопасные вещества в количестве, меньшем порогового значения, указанного в таблице 2.

Таблица 2 – Пороговое количество веществ для технологических производств

Наименование веществ или групп веществ	Категория опасности по ГОСТ 19433–88	Пороговое количество веществ, т, не менее
Газы горючие сжатые, сжиженные и растворённые под давлением		
Ацетилен C_2H_2	2.3.1	50
Водород H_2	2.3.1	50
Сернистый водород H_2S	2.4.1	50
Оксид этилена $(CH_2)_2O$	2.4.1	50
Аммиак NH_3	2.4.1	500
Все остальные сжатые, сжиженные и растворённые под давлением горючие газы	2.3.1, 2.3.2, 2.4.1, 9.1.1	200
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости		
Оксид пропилена C_3H_6O	3.1.1	50
Все остальные легковоспламеняющиеся и горючие жидкости	3.1.1, 3.1.2, 3.2.1, 3.2.2, 3.2.4, 3.2.5, 3.3.5, 3.1.4, 3.1.5, 3.2.3, 3.3.1	200
Твёрдые вещества		
Саморазлагающиеся вещества	4.1.5, 4.1.6, 4.1.7, 4.1.8, 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3	10
Окисляющие вещества		
Кислород жидкий O_2	2.1.2	2000
Нитрат аммония NH_4NO_3	5.1.1	5000
Хлорат натрия $NaClO_3$	5.1.1	250
Пероксид метилэтилкетона (концентрация более 60 %)	5.2.3	250
Пероксид метилизобутилкетона (концентрация более 60 %)	5.2.3	50

Продолжение таблицы 2

Наименование веществ или групп веществ	Категория опасности по ГОСТ 19433–88	Пороговое количество веществ, т, не менее
Надуксусная кислота (концентрация более 60 %) CH_3COOH	5.2.2	50
Хлор Cl_2	2.2.2	50
Бром Br_2	8.3.2	500
Оксиды азота K_2O , N_2O_2	5.1.2	50
<p>Примечания:</p> <p>1. Наименования классов (подклассов) опасных веществ приведены в соответствии с ГОСТ 19433–88.</p> <p>2. Пороговые количества опасных веществ, относящихся по ГОСТ 19433–88 к категориям 434 и 437 (самовозгорающиеся твердые вещества), классу 8 (едкие и коррозионноактивные вещества), категориям 436 и 438 (твёрдые легковоспламеняющиеся вещества), категориям 425, 913 и 921 (вещества, горючие газы при взаимодействии с водой), должны согласовываться со специально уполномоченными государственными органами по безопасности в промышленности.</p> <p>3. При совместном использовании несовместимых по ГОСТ 12.1.004–91 веществ их пороговое количество должно быть согласовано со специально уполномоченными государственными органами по безопасности в промышленности.</p>		

Особую опасность с точки зрения возможных потерь и ущерба для экономики предприятия представляют взрывы. При взрыве происходит освобождение большого количества энергии в ограниченном объёме за короткий промежуток времени. Взрыв приводит к образованию сильно нагретого под высоким давлением газа, который при моментальном расширении оказывает ударное механическое воздействие (давление, разрушение) на окружающие тела.

Источником энергии химических взрывов являются быстропротекающие самоускоряющиеся экзотермические реакции взаимодействия горючих веществ с окислителями.

Энергоносителями химических взрывов могут быть твердые, жидкие, газообразные горючие вещества, а также взрывчаты горючих веществ (жидких и твердых) в окислительной среде, в том числе и воздухе.

Газо- и паровоздушные смеси могут воспламеняться (взрываться) только в том случае, если содержание газа в смеси находится в определенных (для каждого газа) пределах. В связи с этим различают нижний (НКПР) и верхний (ВКПР) концентрационные пределы воспламеняемости, которые соответствуют минимальному и максимальному количеству газа в смеси, при котором происходит их воспламенение и дальнейшее горение.

Эти же пределы соответствуют и условиям взрываемости газоздушных смесей. Если содержание газа в газоздушной смеси меньше НКПР воспламеняемости, такая смесь (бедная) гореть и взрываться не может, так как

выделяющейся вблизи источника зажигания теплоты для подогрева смеси до температуры воспламенения не достаточно. Если содержание газа в смеси находится между НКПР и ВКПР воспламеняемости, то подожжённая смесь воспламеняется и горит как вблизи источника зажигания, так и при удалении его. Такая смесь является взрывоопасной. Если содержание горючего газа в газозудушной смеси выше ВКПР воспламеняемости, такая смесь (богатая) гореть и взрываться также не может. Чем ниже НКПР и больше концентрационная область распространения пламени, тем большую пожарную опасность представляют смеси. Для наглядности на рисунке 1 показаны эти области.



Рисунок 1 – Расположение взрывоопасной области

Пределы воспламеняемости горючих газов (ГГ) и паров легко-воспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) при нормальных условиях (атмосферное давление 101,3 кПа, температура 20 °С) в смеси с воздухом приведены [8] и в таблицах заданий по выполнению практических работ.

При определении пожарной опасности технологических процессов (аппаратов) учитывают влияние на концентрационные пределы распространения пламени различных факторов. Повышение давления приводит к расширению области воспламеняемости, причём главным образом за счёт уменьшения нижнего предела. При падении давления ниже атмосферного происходит резкое сужение области воспламеняемости. Для каждой системы существует определённое минимальное давление, ниже которого в смеси любого состава распространение пламени не возможно (предел по давлению).

С повышением начальной температуры смеси область воспламенения расширяется, поскольку снижается нижний предел и повышается верхний, причём более сильное влияние температура оказывает на верхний предел. Для количественного учёта влияния температуры в ряде случаев пользуются правилом: при повышении температуры горючей смеси на каждые 100 °С нижний предел снижается на 10 % от начальной величины, определённой при нормальных условиях, а верхний – увеличивается на 15 %. Влияние температуры на область воспламенения объясняется увеличением скорости

горения при предельных концентрациях смесей. Определённое влияние на область воспламенения оказывает концентрация окислителя в смеси и наличие инертных паров и газов. Увеличение содержания кислорода в смеси «горючее – окислитель» приводит к расширению области воспламенения. В основном это обусловлено возрастанием верхнего предела. При введении в смесь инертных компонентов происходит сужение области воспламенения, так как снижается верхний предел, нижний предел практически не изменяется. На значения концентрационных пределов распространения пламени оказывает влияние объём и диаметр сосуда или аппарата, от которых зависит поверхность теплоотдачи, приходящаяся на единицу объёма смеси.

Влияние всех перечисленных факторов на область воспламенения необходимо учитывать на практике при использовании табличных данных, которые, как правило, определяются при нормальных условиях.

Значения концентрационных пределов распространения пламени в инженерной практике следует применять:

- при определении максимальных размеров взрывоопасных зон;
- расчёте и обосновании взрывоопасных концентраций газов, паров и пыли внутри технологического оборудования и трубопроводов;
- проектировании вентиляционных систем;
- расчёте предельно допустимых взрывоопасных концентраций газов, паров и пыли в воздухе рабочей зоны с потенциальными источниками зажигания;
- разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта.

2.2 Количественная оценка пожаровзрывоопасности среды в аппаратах с горючими жидкостями

Возможность образования взрывоопасных концентраций оценивают по условию пожаровзрывобезопасности, которое имеет следующий вид

$$\varphi_{г, без} \leq 0,9(\varphi_n - 0,7R), \quad R = 0,3, \quad (2.1)$$

$$\varphi_{г, без} \leq 1,1(\varphi_v + 0,7R), \quad R = 0,6, \quad (2.2)$$

где φ_n – нижний концентрационный предел распространения пламени, %;

φ_v – верхний концентрационный предел распространения пламени, %;

R – воспроизводимость метода определения показателя пожарной опасности.

Исходя из условия пожаровзрывобезопасности, можно определить безопасные концентрации горючего (соответственно для нижнего и верхнего концентрационных пределов распространения пламени)

$$\varphi_{г, без}^H = 0,9(\varphi_n - 0,7R), \quad (2.3)$$

$$\varphi_{г, без}^V = 1,1(\varphi_v + 0,7R). \quad (2.4)$$

Если рабочая температура в технологическом аппарате не равна 25 °С, то значения нижнего и верхнего концентрационных пределов распространения пламени следует пересчитывать по следующим зависимостям

$$\varphi_{н,t} = \varphi_{н,298} \left(1 - \frac{T_p - 298}{1200} \right), \quad (2.5)$$

$$\varphi_{в,t} = \varphi_{в,298} \left(1 + \frac{T_p - 298}{800} \right). \quad (2.6)$$

где $\varphi_{н,298}$ – величина нижнего концентрационного предела распространения пламени, определяемая по справочным данным, %;

$\varphi_{в,298}$ – величина верхнего концентрационного предела распространения пламени, определяемая по справочным данным, %;

T_p – рабочая температура, при 20 °С $T_p = 293$ К.

После определения безопасных концентраций горючего они сравниваются с рабочей концентрацией горючего в технологическом оборудовании.

В случае однокомпонентной жидкости при длительном хранении горючей жидкости в паровоздушном объёме рабочая концентрация (φ_p) равна концентрации насыщенного пара (φ_s).

Рабочую концентрацию паров определяют по формуле

$$\varphi_p = \frac{P_s}{P_p} \cdot 100, \quad (2.7)$$

где P_s – давление насыщенных паров, кПа;

P_p – рабочее давление в аппарате, кПа.

Давление насыщенных паров легко воспламеняющихся и горючих жидкостей определяют по уравнению Антуана

$$P_s = 10^{A - \frac{B}{C+T}}, \quad (2.8)$$

где A, B, C – константы Антуана;

T – расчётная температура, °С.

Для оценки пожаровзрывоопасности среды внутри аппаратов с нефтепродуктами давление насыщенных паров рассчитывают по уравнению В. П. Сучкова

$$P_s = \frac{\exp[6,908 + 0,0443(T_p - 0,924T_{всп} + 2,055)]}{1047 + 7,48T_{всп}}, \quad (2.9)$$

где $T_{всп}$ – температура вспышки нефтепродукта, °С;

T_p – расчётная температура нефтепродукта, °С.

Для многокомпонентных горючих жидкостей рабочую концентрацию определяют по уравнению

$$\phi_p = \frac{\sum_{i=1}^n P_{s,i}^*}{P_p} \cdot 100, \quad (2.10)$$

где $P_{s,i}^*$ – парциальное давление насыщенных паров i -го компонента, кПа;

P_p – рабочее давление в аппарате, кПа.

Парциальное давление насыщенных паров i -го компонента определяют по закону Рауля

$$P_{s,i}^* = P_{s,i} \cdot x_i, \quad (2.11)$$

где $P_{s,i}$ – давление насыщенных паров над поверхностью i -го компонента (определяют по уравнению Антуана), кПа;

x_i – мольная доля i -го компонента.

Мольную долю i -го компонента определяют по формуле

$$x_i = \frac{\frac{m_i}{M_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{M_i}}, \quad (2.12)$$

где m_i – масса i -го компонента в растворе, кг;

M_i – молярная масса i -го компонента, кг/кмоль.

Для смесей горючих веществ также следует рассчитывать значения нижнего и верхнего концентрационных пределов распространения пламени по формуле

$$\varphi_{н(в)} = \frac{\sum_{k=1}^n \varphi_k}{\sum_{k=1}^n \frac{\varphi_k}{\varphi_{н(в)k}}}, \quad (2.13)$$

где φ_k – концентрация k -го компонента, %;

$\varphi_{н(в)k}$ – величина нижнего (верхнего) концентрационного предела распространения пламени, %.

2.3 Количественная оценка пожаровзрывоопасности среды в аппаратах с горючими газами

Условие пожаровзрывобезопасности аппаратов с горючими газами аналогично условию пожаровзрывобезопасности аппаратов с горючими жидкостями [10, 11].

Рабочую концентрацию горючего газа в смеси с окислителем можно определить, исходя из материального баланса аппарата, по формулам

$$\varphi_p = \frac{V_2}{V_2 + V_{ок}} \cdot 100, \quad (2.14)$$

где V_2 – объём горючего газа в аппарате, м³;

$V_{ок}$ – объём окислителя в аппарате, м³,

$$\varphi_p = \frac{G_2}{G_2 + G_{ок}} \cdot 100, \quad (2.15)$$

где G_2 – расход горючего газа, м³/с ;

$G_{ок}$ – расход окислителя в аппарате, м³/с.

Для практических расчётов возникает необходимость узнать массовую концентрацию горючих паров или газов, которую можно определять по формуле

$$\varphi^* = \frac{\varphi M}{V_t}, \quad (2.16)$$

где M – молярная масса, кг/кмоль;

V_t – мольный объём паров или газов, $V_t=22,413$ м³/кмоль.

2.4 Количественная оценка пожаровзрывоопасности среды в аппаратах с горючими пылями

Горючая пыль может находиться в двух состояниях:

- аэрозоль (во взвешенном состоянии в объёме воздуха);
- аэрогель.

Критерием перехода пыли во взвешенное состояние является скорость витания. Скорость витания – минимальная скорость воздушного потока, воздействующего на частичку пыли, при которой эта частичка пыли не будет оседать.

Силу тяжести определяют по формуле

$$G_t = \rho_t \cdot g \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{6}, \quad (2.17)$$

где ρ_t – плотность твердого вещества, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²;

d – диаметр частички пыли, м.

Величину подъёмной силы определяют по формуле

$$G_n = \rho_z \cdot g \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{6}, \quad (2.18)$$

где ρ_z – плотность газа (воздуха), кг/м³.

Гидравлическое сопротивление

$$R = \lambda \cdot F \cdot \rho_z \cdot \frac{v^2}{2}, \quad (2.19)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления;
 v – скорость воздушного потока, м/с;
 F – площадь сечения частички пыли по диаметру, м².

Площадь сечения

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (2.20)$$

исходя из условия

$$G_m = G_n + R. \quad (2.21)$$

Получается формула для определения скорости витания

$$v = \sqrt{\frac{4(\rho_m - \rho_z)d \cdot g}{3 \cdot \rho_z \cdot \lambda}}. \quad (2.22)$$

Условие пожаровзрывобезопасности для аппаратов с горючими пылями определяются по уравнению (1) с учётом, что $R = 59$.

2.5 Количественная оценка размеров зон взрывоопасных концентраций при испарении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в неподвижную среду

Количество испарившихся паров

$$m = 2 \cdot \varphi_s \cdot F \cdot \rho \sqrt{\frac{D \cdot \tau}{3(1 - \varphi_s)}}, \quad (2.23)$$

где φ_s – концентрация насыщенных паров при рабочей температуре, об. доля;
 F – площадь испарения, м;
 ρ – плотность паров жидкости, кг/м³;
 D – коэффициент диффузии, м²/с;
 τ – время испарения, с.

Плотность пара можно определять по следующей зависимости

$$\rho = 12,15 \frac{M}{T}, \quad (2.24)$$

где T – температура, К.

Интенсивность испарения с открытой поверхности жидкости в неподвижную среду определяют по формуле

$$W_{ин} = 1,155 \cdot \varphi_s \cdot \rho_t \cdot F \sqrt{\frac{D_t}{(1 - \varphi_s) \tau}}, \quad (2.25)$$

где ρ_t – плотность паров испаряющейся жидкости при рабочей температуре, кг/м³;

D_t – коэффициент диффузии паров при температуре паровоздушной смеси, м²/с.

2.6 Количественная оценка размеров зон взрывоопасных концентраций при испарении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в подвижную среду

Массу испарившихся паров можно также определить по известной формуле

$$M = W_u \cdot F \cdot \eta, \quad (2.26)$$

где W_u – интенсивность испарения, кг/(с·м²), рассчитывается по формуле (2.25);

F – площадь испарения, м²;

η – безразмерный показатель (таблица 3).

Таблица 3 – Значения коэффициента η

Скорость воздушного потока в помещении, 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
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

2.7 Оценка количества выходящих горючих паров и размеров зон взрывоопасных концентраций при «большом» и «малом» дыхании

2.7.1 Расчёт потерь при «большом» дыхании

При «большом» дыхании: $P_1 = P_2$; $T_1 = T_2$; $\varphi_1 = \varphi_2$; $V_1 \neq V_2$. Количество выходящих паров при «большом дыхании» определяют по формуле

$$G_{\delta} = \Delta V \cdot \frac{P_p}{T_p} \cdot \varphi_s \cdot \frac{M}{8314,31}, \quad (2.27)$$

где G_{δ} – масса горючих паров, вышедших из ёмкости, кг;

ΔV – изменение объёма, м³;

P_p – рабочее давление, Па;

φ_s – концентрация насыщенных паров при рабочей температуре, об. доли.

Объём взрывоопасной зоны определяют по уравнению

$$V_{\text{вз}} = \frac{G_{\delta}}{\varphi_{2,\text{без}}^H}, \quad (2.28)$$

где $\varphi_{2,\text{без}}^H$ – массовая безопасная концентрация паров, кг·м³.

Безопасную концентрацию горючих паров определяем по уравнению

$$\varphi_{2,без}^{H*} = \frac{\varphi_{2,без}^H \cdot M}{V_0}, \quad (2.29)$$

где $\varphi_{2,без}^{H*}$ – безопасная концентрация паров, об. доля;

V_0 – мольный объём, $V_0=22,413$ м³/кмоль.

2.7.2 Расчёт потерь при «малом» дыхании

При «малом» дыхании: $P_1 = P_2$; $T_1 \neq T_2$; $\rho_1 \neq \rho_2$; $V_1 = V_2$ и количество выходящих паров определяют по формуле

$$G_M = V_{св} \cdot P_p \left(\frac{1 - \varphi_1}{T_1} - \frac{1 - \varphi_2}{T_2} \right) \cdot \frac{\varphi_{ср}}{1 - \varphi_{ср}} \cdot \frac{M}{8314,31}, \quad (2.30)$$

где G_M – масса горючих паров, вышедших из ёмкости, кг;

$V_{св}$ – величина свободного объёма, м³;

P_p – рабочее давление, Па;

T_i – начальная температура, °С;

T_2 – конечная температура, °С;

φ_1 – начальная концентрация насыщенных паров, об. доля;

φ_2 – конечная концентрация насыщенных паров, об. доля;

$\varphi_{ср}$ – средняя концентрация насыщенных паров, об. доля.

В свою очередь среднюю концентрацию насыщенных паров определяют

$$\varphi_{ср} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}, \quad (2.31)$$

Объём взрывоопасной зоны определяется по формуле

$$V_{вз} = \frac{G_б}{\varphi_{2,без}^H}. \quad (2.32)$$

2.8 Методики определения количества горючих веществ и площади растекания горючих жидкостей

2.8.1 Количество горючих веществ, вышедших из технологического оборудования при полном повреждении

Количество горючих веществ, вышедших из технологического оборудования при полном повреждении определяют по формуле

$$G_n = G_{ан} + G'_{тп} + G''_{тп}, \quad (2.33)$$

где G_n – количество веществ, вышедших из технологического оборудования при полном разрушении, кг;

$G_{ан}$ – количество веществ, вышедших из разрушенного аппарата, кг;

G'_{mp} – количество веществ, вышедших из трубопроводов до их отключения, кг;

G''_{mp} – количество веществ, вышедших из трубопроводов после их отключения, кг.

Количество веществ, выходящих из разрушенного аппарата (кг) определяют по формуле

$$G_{an} = \varepsilon \cdot V_{an} \cdot \rho, \quad (2.34)$$

где ε – степень заполнения аппарата, об. доля;

V_{an} – объём аппарата, м³.

Количество веществ, выходящих из трубопроводов до их отключения, определяют по формуле

$$G'_{mp} = q \cdot \rho \cdot \tau, \quad (2.35)$$

где q – интенсивность поступления веществ по трубопроводам, м³/с;

τ – время поступления веществ по трубопроводам до их отключения, с.

Количество веществ, выходящих из трубопроводов после их отключения определяют по формуле

$$G_{mp} = V_{mp} \cdot \rho, \quad (2.36)$$

где V_{mp} – объём трубопроводов, м³.

2.8.2 Количество горючих веществ, вышедших из технологического оборудования при локальном повреждении

Количество горючих веществ, вышедших из технологического оборудования при локальном повреждении определяют по формуле

$$G_{лок} = \mu \cdot w \cdot f \cdot \rho \cdot \tau, \quad (2.37)$$

где μ – коэффициент расхода (допускается принимать равным 0,7);

f – площадь отверстия, через которое происходит истечение, м²;

w – скорость истечения вещества, м/с;

τ – время до ликвидации аварии, с.

Скорость истечения для горючих жидкостей определяют по формуле

$$w = \sqrt{2g \cdot H_{np}}, \quad (2.38)$$

где H_{np} – приведённый напор жидкости, м.

При истечении самотёком $H_{np} = H$, где H – высота столба жидкости, м.

При работе аппарата под давлением

$$H_{np} = \frac{P_{pu}}{\rho_t \cdot g} + H, \quad (2.39)$$

где P_{pu} – избыточное рабочее давление среды в аппарате, Па;

ρ_t – плотность жидкости при рабочей температуре, кг/м³.

Скорость истечения для горючих газов зависит от режима истечения. Режим истечения определяют исходя из соотношения

$$P_{кр} = P \left(\frac{2}{K+1} \right)^{\frac{K}{K-1}}, \quad (2.40)$$

где $P_{кр}$ – критическое давление, Па;

K – показатель адиабаты;

P – рабочее давление в технологическом аппарате, Па.

Если $P_o > P_{кр}$, то истечение будет происходить с докритической скоростью, определяемой по формуле

$$w_{докр} = \sqrt{\frac{2K}{K-1} P \cdot V \left[1 - \left(\frac{P_o}{P} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right]}, \quad (2.41)$$

где V – удельный объём, м³/кг;

P_o – атмосферное давление, Па.

Если $P_o < P_{кр}$, то истечение будет происходить с критической скоростью, определяемой по формуле

$$w_{кр} = \sqrt{\frac{2K}{K+1} P \cdot V}, \quad (2.42)$$

2.9 Расчёт избыточного давления взрыва для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

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

$$\Delta P = (P_{max} - P_o) \frac{m \cdot Z}{V_{св} \cdot \rho_{zn}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (2.43)$$

где P_{max} – максимальное давление взрыва стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объёме, определяемое экспериментально или по справочным данным, при отсутствии данных $P_{max} = 900$ кПа;

P_o – начальное давление, допускается $P_o = 101$ кПа;

m – масса паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение, кг;

Z – коэффициент участия горючего во взрыве, который может быть рассчитан на основе характера распределения газов и паров в объёме помещения согласно таблице 4;

$V_{св}$ – свободный объём помещения, м³ (допускается принимать равным 80 % от геометрического объёма помещения);

$\rho_{гп}$ – плотность газа или пара при расчётной температуре, кг/м³;
 $C_{см}$ – стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ, % (об.);
 K_n – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать $K_n = 3$.

Таблица 4 – Значения Z

Вид горючего вещества	Значение Z
Водород	1,0
Горючие газы (кроме водорода)	0,5
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые до температуры вспышки и выше	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при наличии возможности образования аэрозоля	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при отсутствии возможности образования аэрозоля	0

Плотность газа или пара при расчётной температуре t_p , вычисляют по формуле

$$\rho_{гп} = \frac{M}{V_o(1 + 0,00367 \cdot t_p)}, \quad (2.44)$$

где t_p – расчётная температура, °С.

Стехиометрическую концентрацию ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ вычисляют по уравнению

$$C_{см} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (2.45)$$

где β – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания, который определяют как

$$\beta = n_c + \frac{n_h - n_x}{4} - \frac{n_o}{2}, \quad (2.46)$$

где n_c, n_h, n_o, n_x – число атомов С, Н, О и галогенов в молекуле горючего.

Расчёт ΔP для других индивидуальных веществ, кроме упомянутых выше, а также для смесей может быть выполнен по формуле

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_m \cdot P_o \cdot Z}{V_{св} \cdot \rho_v \cdot C_p \cdot T_o} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (2.47)$$

где m – масса горючих веществ, вышедших в помещение при аварии, кг;

H_m – теплота сгорания, Дж/кг;

ρ_v – плотность воздуха до взрыва при начальной температуре T_o , кг/м³;

C_p – теплоёмкость воздуха, допускается принимать $C_p = 1,01 \cdot 10^3$ Дж/кг·К;
 P_o – начальное давление, допускается принимать $P_o = 101$ кПа;
 T_o – начальная температура воздуха, °С.

Масса горючего газа, поступившего в помещение при расчётной аварии определяется по формуле

$$M = (V_a + V_T) \cdot \rho_g, \quad (2.48)$$

где V_a – объём газа, вышедшего из аппарата, м³;
 V_T – объём газа, вышедшего из трубопроводов, м³;
 ρ_g – плотность горючего газа, кг/м³.

При этом

$$V_a = 0,01 P_1 V, \quad (2.49)$$

где P_1 – давление в аппарате, кПа;
 V – объём аппарата, м³,

$$V_g = V_{1T} + V_{2T}, \quad (2.50)$$

где V_{1T} – объём газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м³;
 V_{2T} – объём газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м³,

$$V_{1T} = q \tau_{откл}, \quad (2.51)$$

где q – расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и т. д., м³/с;

$\tau_{откл}$ – время, до отключения трубопровода, с,

$$V_{2T} = 0,01 \pi P_2 (r_1^2 L_1 + r_2^2 L_2 + \dots r_n^2 L_n), \quad (2.52)$$

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

r – внутренний радиус трубопроводов, м;

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

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

$$m = m_p + m_{емк} + m_{св.окр}, \quad (2.53)$$

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

$m_{емк}$ – масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых ёмкостей, кг;

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

При этом каждое из слагаемых определяют по формуле

$$m_i = W \cdot F_u \cdot \tau, \quad (2.54)$$

где W – интенсивность испарения, кг/(с·м²);

F_u – площадь испарения, м²;

τ – время испарения, с.

3 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ПО РАЗДЕЛУ № 2

Задача № 1

При окраске методом окунания изделия погружают в ванну с лакокрасочным материалом (ЛКМ). Площадь поверхности испарения ванны 4 м. Определить количество испарившегося с поверхности ЛКМ растворителя за час работы при отсутствии движения воздуха над ней. Вид растворителя – *ацетон* (C_3H_6O), температура воздуха в помещении $t_o = 20$ °С, температура растворителя $t_p = 15$ °С. Пожароопасные свойства ЛКМ принять по растворителю. Коэффициент диффузии пара в воздух $D = 0,109$ см²/с. Постоянные Антуана для ацетона: $A = 6,37551$; $B = 1281,721$; $C = 237,088$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – 2,7 %.

Задача № 2

При окраске методом окунания изделия погружают в ванну с лакокрасочным материалом (ЛКМ). Площадь поверхности испарения ванны 4 м. Определить количество испарившегося с поверхности ЛКМ растворителя за час работы при отсутствии движения воздуха над ней. Вид растворителя – *этанол* (C_2H_6O), температура воздуха в помещении $t_o = 20$ °С, температура растворителя $t_p = 10$ °С. Пожароопасные свойства ЛКМ принять по растворителю. Коэффициент диффузии пара в воздух $D = 0,132$ см²/с. Постоянные Антуана для этанола: $A = 7,81158$; $B = 1918,508$; $C = 252,125$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – 3,6 %.

Задача № 3

При окраске методом окунания изделия погружают в ванну с лакокрасочным материалом (ЛКМ). Площадь поверхности испарения ванны 4 м. Определить количество испарившегося с поверхности ЛКМ растворителя за час работы при отсутствии движения воздуха над ней. Вид растворителя – *метанол* (CH_4O), температура воздуха в помещении $t_o = 22$ °С, температура растворителя $t_p = 15$ °С. Пожароопасные свойства ЛКМ принять по растворителю. Коэффициент диффузии пара в воздух $D = 0,162$ см²/с. Постоянные Антуана для метанола: $A = 7,3527$; $B = 1660,454$; $C = 245,818$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени 6,98 %.

Задача № 4

При окраске методом окунания изделия погружают в ванну с лакокрасочным материалом (ЛКМ). Площадь поверхности испарения ванны 4 м. Определить количество испарившегося с поверхности ЛКМ растворителя за час работы при отсутствии движения воздуха над ней. Вид растворителя – *толуол* (C_7H_8), температура воздуха в помещении $t_o = 20$ °С, температура растворителя $t_p = 5$ °С. Пожароопасные свойства ЛКМ принять по растворителю. Коэффициент диффузии пара в воздух $D = 0,0753$ см²/с. Постоянные Антуана для толуола: $A = 6,0507$; $B = 1328,171$; $C = 217,713$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – 1,27 %.

Задача № 5

При окраске методом окунания изделия погружают в ванну с лакокрасочным материалом (ЛКМ). Площадь поверхности испарения ванны 4 м. Определить количество испарившегося с поверхности ЛКМ растворителя за час работы при отсутствии движения воздуха над ней. Вид растворителя – *этилацетат* ($C_4H_8O_2$), температура воздуха в помещении $t_o = 24$ °С, температура растворителя $t_p = 20$ °С. Пожароопасные свойства ЛКМ принять по растворителю. Коэффициент диффузии пара в воздух $D = 0,082$ см²/с. Постоянные Антуана для этилацетата: $A = 6,22672$; $B = 1244,951$; $C = 217,881$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – 2,0 %.

Задача № 6

При повреждении аппарата в объём, ограниченный бортиками, площадью 5 м² вылилось 50 кг *ацетона* (C_3H_6O). Определить количество испарившейся с открытой поверхности жидкости в подвижную среду воздуха. Температура ЛВЖ $t_p = 15$ °С, равна температуре воздуха в помещении. Принять, что испарение жидкости происходит в течение часа при работающей вентиляции, скорость движения воздуха над поверхностью испарения 0,5 м/с. Коэффициент $\eta = 5,7$. Постоянные Антуана для ацетона: $A = 6,37551$; $B = 1281,721$; $C = 237,088$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – 2,7 %.

Задача № 7

При повреждении аппарата в объём, ограниченный бортиками, площадью 12 м вылилось 50 кг *этанол* (C_2H_6O). Определить количество испарившейся с открытой поверхности жидкости в подвижную среду воздуха. Температура ЛВЖ $t_p = 15$ °С, равна температуре воздуха в помещении. Принять, что испарение жидкости происходит в течение часа при работающей вентиляции, скорость движения воздуха над поверхностью испарения 0,5 м/с. Коэффициент $\eta = 5,7$. Постоянные Антуана для этанола: $A = 7,81158$; $B = 1918,508$; $C = 252,125$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – 3,6 %.

Задача № 8

При повреждении аппарата в объём, ограниченный бортиками, площадью 8 м вылилось 50 кг *метанола* (CH_4O). Определить количество испарившейся с открытой поверхности жидкости в подвижную среду воздуха. Температура ЛВЖ $t_p = 15$ °С, равна температуре воздуха в помещении. Принять, что испарение жидкости происходит в течение часа при работающей вентиляции, скорость движения воздуха над поверхностью испарения 0,5 м/с. Коэффициент $\eta = 5,7$. Постоянные Антуана для метанола: $A = 7,3527$; $B = 1660,454$; $C = 245,818$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – 6,98 %.

Задача № 9

При повреждении аппарата в объём, ограниченный бортиками, площадью 5 м вылилось 50 кг *толуола* (C_7H_8). Определить количество испарившейся с открытой поверхности жидкости в подвижную среду воздуха. Температура ЛВЖ $t_p = 10$ °С. Испарение жидкости происходит в течение часа, скорость движения воздуха над поверхностью испарения 0,5 м/с. Коэффициент $\eta = 6,6$. Постоянные Антуана для толуола: $A = 6,0507$; $B = 1328,171$; $C = 217,713$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – 1,27 %.

Задача № 10

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с бензолом (C_6H_6), если в течение часа произошло одно большое дыхание. Объём резервуара $V=1000$ м², степень его заполнения $\varepsilon=0,75$, температура жидкости $t_p=20$ °С, рабочее давление $P_p=1 \cdot 10^5$ Па. Постоянные Антуана для бензола: $A=5,61391$; $B=902,275$; $C=178,09$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени 1,43 %.

Задача № 11

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с ацетоном (C_3H_6O), если в течение часа произошло одно большое дыхание. Объём резервуара $V = 800$ м³, степень его заполнения $\varepsilon=0,9$, температура жидкости $t_p = 20$ °С, рабочее давление $P_p = 1 \cdot 10^5$ Па. Постоянные Антуана для ацетона: $A = 6,37551$; $B = 1281,721$; $C = 237,088$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – 2,7 %.

Задача № 12

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с этиловым спиртом (C_2H_6O), если в течение часа произошло одно большое дыхание. Объём резервуара 1000 м^3 , степень его заполнения $\varepsilon = 0,75$, температура жидкости $t_p = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, рабочее давление $P_p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Постоянные Антуана для этанола: $A = 7,81158$; $B = 1918,508$; $C = 252,125$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени $3,6 \%$.

Задача № 13

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с гептаном (C_7H_{16}), если в течение часа произошло одно большое дыхание. Объём резервуара $V=500 \text{ м}^3$, степень его заполнения $\varepsilon=0,75$, температура жидкости $t_p=15 \text{ }^\circ\text{C}$, рабочее давление $P_p=1 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Постоянные Антуана для гептана: $A=6,07647$; $B=1295,405$; $C=219,819$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени $1,07 \%$.

Задача № 14

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с октаном (C_8H_{18}), если в течение часа произошло одно большое дыхание. Объём резервуара $V = 500 \text{ м}^3$, степень его заполнения $\varepsilon = 0,5$, температура жидкости $t_p = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, рабочее давление $P_p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Постоянные Антуана для октана: $A = 6,09396$; $B = 1379,556$; $C = 211,896$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени $- 0,9 \%$.

Задача № 15

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с гептаном (C_7H_{16}), если в течение часа произошло одно большое дыхание. Объём резервуара $V = 700 \text{ м}^3$, степень его заполнения $\varepsilon = 0,85$, температура жидкости $t_p = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, рабочее давление $P_p=1 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Постоянные Антуана для гептана: $A = 6,07647$; $B = 1295,405$; $C = 219,819$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени $- 1,07 \%$.

Задача № 16

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с метиловым спиртом (CH_4O), если в течение часа произошло одно большое дыхание. Объём резервуара $V=1000 \text{ м}^3$, степень его заполнения $\varepsilon=0,75$, температура жидкости $t_p = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, рабочее давление $P_p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Постоянные Антуана для метанола: $A = 7,3527$; $B = 1660,454$; $C = 245,818$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени $- 6,98 \%$.

Задача № 17

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с этиловым спиртом (C_2H_6O), если в течение часа произошло одно большое дыхание. Объём резервуара $V = 1500 \text{ м}^3$, степень его заполнения $\varepsilon = 0,85$, температура жидкости $t_p = 20 \text{ °C}$, рабочее давление $P_p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Постоянные Антуана для этанола: $A = 7,81158$; $B = 1918,508$; $C = 252,125$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – 3,6 %.

Задача № 18

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с бензолом (C_6H_6), если в течение часа произошло одно малое дыхание при повышении температуры в резервуаре на 10 °C . Объём резервуара $V = 1000 \text{ м}^3$, степень его заполнения $\varepsilon = 0,75$, температура жидкости $t_p = 10 \text{ °C}$, рабочее давление $P_p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Постоянные Антуана для бензола: $A = 5,61391$; $B = 902,275$; $C = 178,09$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени 1,43 %.

Задача № 19

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства с аппарата ацетоном (C_3H_6O), если в течение часа произошло одно малое дыхание при повышении температуры в резервуаре на 10 °C . Объём резервуара $V = 800 \text{ м}^3$, степень его заполнения $\varepsilon = 0,9$, температура жидкости $t_p = 20 \text{ °C}$, рабочее давление $P_p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Постоянные Антуана для ацетона: $A = 6,37551$; $B = 1281,721$; $C = 237,088$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – 2,7 %.

Задача № 20

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с этиловым спиртом (C_2H_6O), если в течение часа произошло одно малое дыхание при повышении температуры в резервуаре на 10 °C . Объём резервуара $V = 1000 \text{ м}^3$, степень его заполнения $\varepsilon = 0,75$, температура жидкости $t_p = 10 \text{ °C}$, рабочее давление $P_p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Постоянные Антуана для этанола: $A = 7,81158$; $B = 1918,508$; $C = 252,125$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – 3,6 %.

Задача № 21

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с гептаном (C_7H_{16}), если в течение часа произошло одно малое дыхание при повышении температуры в резервуаре на $10\text{ }^\circ\text{C}$. Объём резервуара $V = 500\text{ м}^3$, степень его заполнения $\varepsilon = 0,75$, температура жидкости $t_p = 15\text{ }^\circ\text{C}$, рабочее давление $P_p = 1 \cdot 10^5\text{ Па}$. Постоянные Антуана для гептана: $A = 6,07647$; $B = 1295,405$; $C = 219,819$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – $1,07\%$.

Задача № 22

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с октаном (C_8H_{18}), если в течение часа произошло одно малое дыхание при повышении температуры в резервуаре на $10\text{ }^\circ\text{C}$. Объём резервуара $V=500\text{ м}^3$, степень его заполнения $s=0,5$, температура жидкости $t_p=15\text{ }^\circ\text{C}$, рабочее давление $P_p=1 \cdot 10^5\text{ Па}$. Постоянные Антуана для октана: $A=6,09396$; $B=1379,556$; $C=211,896$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени $0,9\%$.

Задача № 23

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с гептаном (C_7H_{16}), если в течение часа произошло одно малое дыхание при повышении температуры в резервуаре на $10\text{ }^\circ\text{C}$. Объём резервуара $V = 700\text{ м}^3$, степень его заполнения $\varepsilon = 0,85$, температура жидкости, рабочее давление $P_p = 1 \cdot 10^5\text{ Па}$. Постоянные Антуана для гептана: $A = 6,07647$; $B = 1295,405$; $C = 219,819$

Нижний концентрационный предел распространения пламени $1,07\%$.

Задача 24

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с метиловым спиртом (CH_4O), если в течение часа произошло одно малое дыхание при повышении температуры в резервуаре на $10\text{ }^\circ\text{C}$. Объём резервуара $V = 1000\text{ м}^3$, степень его заполнения $\varepsilon = 0,75$, температура жидкости $t_p = 10\text{ }^\circ\text{C}$, рабочее давление $P_p = 1 \cdot 10^5\text{ Па}$. Постоянные Антуана для метанола: $A = 7,3527$; $B = 1660,454$; $C = 245,818$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – $6,98\%$.

Задача № 25

Оценить объём взрывоопасной зоны вблизи дыхательного устройства аппарата с этиловым спиртом (C_2H_6O), если в течение часа произошло одно малое дыхание при повышении температуры в резервуаре на $10\text{ }^\circ\text{C}$. Объём

резервуара $V = 1500 \text{ м}^3$, степень его заполнения $\varepsilon = 0,85$, температура жидкости $t_p = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, рабочее давление $P_p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Постоянные Антуана для этанола: $A = 7,81158$; $B = 1918,508$; $C = 252,125$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – 3,6 %.

Задача № 26

Определить общее количество *этилацетата* ($C_4H_8O_2$), выходящего при полном разрушении аппарата, в который жидкость подавалась по двум трубопроводам. Объём аппарата $V_{an} = 0,6 \text{ м}^3$, его степень заполнения $\varepsilon = 0,85$. Температура ЛВЖ $t_p = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, диаметр трубопроводов $D_{mp} = 0,12 \text{ м}$. Расход насосов $q_1 = 1,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $q_2 = 2,2 \text{ м}^3/\text{ч}$. Плотность $\rho = 902 \text{ кг/м}^3$. Время отключения трубопроводов принять равным 120 с, время испарения разлившейся жидкости 1 ч, расстояние от аппарата до задвижек на трубопроводах 7 м; принять, что 1 л горючей жидкости разливается на 1 м^2 . Жидкость находится в аппарате при атмосферном давлении.

Задача № 27

Определить общее количество *этанола* (C_2H_6O), выходящего при полном разрушении аппарата, в который жидкость подавалась по двум трубопроводам. Объём аппарата $V_{an} = 0,9 \text{ м}^3$, его степень заполнения $\varepsilon = 0,75$. Температура ЛВЖ $t_p = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, диаметр трубопроводов $D_{mp} = 0,085 \text{ м}$. Расход насосов $q_1 = 1,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $q_2 = 1,6 \text{ м}^3/\text{ч}$. Плотность $\rho = 785 \text{ кг/м}^3$. Время отключения трубопроводов принять равным 120 с, время испарения разлившейся жидкости 1 ч, расстояние от аппарата до задвижек на трубопроводах 5 м; принять, что 1 л горючей жидкости разливается на 1 м^2 . Жидкость находится в аппарате при атмосферном давлении.

Задача № 28

Определить общее количество *метанола* (CH_4O), выходящего при полном разрушении аппарата, в который жидкость подавалась по двум трубопроводам. Объём аппарата $V_{an} = 0,85 \text{ м}^3$, его степень заполнения $\varepsilon = 0,75$. Температура ЛВЖ $t_p = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, диаметр трубопроводов $D_{mp} = 0,1 \text{ м}$. Расход насосов $q_1 = 1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $q_2 = 1,2 \text{ м}^3/\text{ч}$. Плотность $\rho = 786,9 \text{ кг/м}^3$. Время отключения трубопроводов принять равным 120 с, время испарения разлившейся жидкости 1 ч, расстояние от аппарата до задвижек на трубопроводах 12 м; принять, что 1 л горючей жидкости разливается на 1 м^2 . Жидкость находится в аппарате при атмосферном давлении.

Задача № 29

Определить общее количество *толуола* (C_7H_8), выходящего при полном разрушении аппарата, в который жидкость подавалась по двум трубопроводам.

Объём аппарата $V_{an} = 0,7 \text{ м}^3$, его степень заполнения $\varepsilon = 0,75$. Температура ЛВЖ $t_p = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, диаметр трубопроводов $D_{mp} = 0,125 \text{ м}$. Расход насосов $q_1 = 1,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $q_2 = 2,0 \text{ м}^3/\text{ч}$. Плотность $\rho = 866,94 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$. Время отключения трубопроводов принять равным 120 с, время испарения разлившейся жидкости 1 ч, расстояние от аппарата до задвижек на трубопроводах 10 м; принять, что 1 л горючей жидкости разливается на 1 м^2 . Жидкость находится в аппарате при атмосферном давлении.

Задача № 30

Определить общее количество *ацетона* ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$), выходящего при полном разрушении аппарата, в который жидкость подавалась по двум трубопроводам. Объём аппарата $V_{an} = 0,8 \text{ м}^3$, его степень заполнения $\varepsilon = 0,75$. Температура ЛВЖ $t_p = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, диаметр трубопроводов $D_{mp} = 0,1 \text{ м}$. Расход насосов $q_1 = 1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $q_2 = 2,5 \text{ м}^3/\text{ч}$. Плотность $\rho = 790,8 \text{ кг}/\text{м}^3$. Время отключения трубопроводов принять равным 120 с, время испарения разлившейся жидкости 1 ч, расстояние от аппарата до задвижек на трубопроводах 10 м; принять, что 1 л горючей жидкости разливается на 1 м^2 . Жидкость находится в аппарате при атмосферном давлении.

Задача № 31

При повреждении аппарата в объём, ограниченный бортиками, площадью 12 м вылилось 50 кг *этилацетата* ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$). Определить количество испарившейся с открытой поверхности жидкости в подвижную среду воздуха. Температура ЛВЖ $t_p = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, равна температуре воздуха в помещении. Принять, что испарение жидкости происходит в течение часа при работающей вентиляции, скорость движения воздуха над поверхностью испарения 0,5 м/с. Коэффициент $\eta = 6,6$. Постоянные Антуана для этилацетата: $A = 6,22672$; $B = 1244,951$; $C = 217,881$.

Нижний концентрационный предел распространения пламени – 2,0 %.

Задача № 32

Определить общее количество *гептана* (C_7H_{16}), выходящего при полном разрушении аппарата, в который жидкость подавалась по двум трубопроводам. Объём аппарата $V_{an} = 1 \text{ м}^3$, степень его заполнения $\varepsilon = 0,75$. Температура ЛВЖ $t_p = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, диаметр трубопроводов $D_{mp} = 0,12 \text{ м}$. Расход насосов $q_1 = 1,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $q_2 = 1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$. Плотность $\rho = 683,76 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$. Время отключения трубопроводов принять равным 120 с, время испарения разлившейся жидкости 1 ч, расстояние от аппарата до задвижек на трубопроводах 10 м; принять, что 1 л горючей жидкости разливается на 1 м^2 . Жидкость находится в аппарате при атмосферном давлении.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ

4.1 Пожарно-техническая экспертиза соответствия объёмно-планировочных решений зданий требованиям пожарной безопасности

Объёмно-планировочные решения подразумевают разделение зданий и сооружений с помощью объёмно-планировочных элементов с целью не только выполнения задач функционального характера и обеспечения, надлежащих условий деятельности людей, но и предупреждения и ограничения возможного пожара [6, 15].

Объёмно-планировочным элементом называется часть объёма здания с размерами, равными по высоте этажа, пролёту и шагу.

Планировочным элементом называют горизонтальную проекцию объёмно-планировочного элемента.

В области планировочных решений, обеспечивающих пожарную безопасность зданий, сложились следующие принципы:

- 1) разделение зданий на пожарные отсеки;
- 2) разделение зданий и помещений на пожарные секции в пределах пожарного отсека;
- 3) размещение помещений по высоте здания и на этажах, с учётом их пожарной опасности;
- 4) ограничение размеров здания по вертикали и горизонтали с разработкой соответствующих объёмно-планировочных решений с целью обеспечения безопасной эвакуации людей в случае пожара.

Основным методом выявления нарушений требований пожарной безопасности при проведении пожарно-технической экспертизы соответствия объёмно-планировочных решений зданий является *метод сопоставления*.

Эксперт сопоставляет решения, предусмотренные проектом, с решениями, которые требуются соответствующими нормативными документами (сводами правил, строительными нормами и правилами и т. п.). На основании выполненного сопоставления делается вывод о соответствии (или несоответствии) решений требованиям пожарной безопасности. Во многих случаях это сопоставление выражается конкретными количественными показателями:

- пределами огнестойкости строительных конструкций;
- площади противопожарных отсеков зданий;
- размерами эвакуационных выходов и др.

Результаты экспертизы соответствия объёмно-планировочных решений здания требованиям пожарной безопасности рекомендуется оформлять в виде таблицы 5. Причём ответы должны быть одновременно максимально полными (ёмкими) и краткими, с указанием ссылок на конкретные пункты соответствую-

ющих нормативных документов. Не рекомендуется давать ответы типа «да», «нет», «имеется» и т. п. или ставить в таблице прочерки.

Таблица 5 – Результаты экспертизы соответствия объёмно-планировочных решений здания требованиям пожарной безопасности

№ п/п	Что проверяется	Предусмотрено проектом	Требуется по нормам	Ссылка на пункты норм	Вывод
1	Степень огнестойкости здания	II	II	п. 6.3.1 СП 117.13330.2011	Соотв.
2	Размещение зрительного зала	на первом этаже	не выше второго	СП 117.13330.2011 СП 118.13330.2012	Соотв.
3	Этажность здания	2	3	СП 117.13330.2011 СП 118.13330.2012	Соотв.

При отсутствии некоторых проектных материалов делается вывод о необходимости их представления и проведения дополнительной проверки.

По окончании проведения экспертизы необходимо сформулировать выводы об обнаруженных нарушениях противопожарных требований.

Все противопожарные требования к внутренней планировке здания должны войти в перечень подлежащих проверке решений. При этом проверке подлежат следующие решения:

1) необходимость деления здания на пожарные отсеки:

- по площади;
- функциональному назначению;
- пожарной опасности;

2) необходимость деления пожарного отсека на секции или отдельные помещения с целью:

- разделения производственных процессов, различных по пожарной опасности;
- разделения помещений или процессов по их функциональному назначению;
- изоляции взрывоопасных помещений от помещений с электрооборудованием нормального исполнения;
- изоляции помещений с особо ценными материалами и оборудованием;
- изоляции взрывопожароопасных помещений от помещений с массовым пребыванием людей;
- изоляции процессов с токсичными веществами;
- изоляции в отдельные помещения материалов, для тушения которых используются несовместимые огнетушащие вещества;

3) размещение взрыво- и пожароопасных помещений в плане и по этажам здания;

4) изоляция подвальных и цокольных этажей здания:

- огнестойкость перекрытия над подвалом;
- наличие и защита проемов в перекрытии;
- наличие выходов через первый этаж;
- наличие обособленных и самостоятельных выходов в подвал;

5) изоляция чердака здания:

- огнестойкость перекрытия;
- наличие выходов на чердак и кровлю;
- огнестойкость и размеры дверей и крышек люков, ведущих на чер-

дак;

6) изоляция лестничных клеток от других помещений здания;

7) изоляция мусорокамер и мусоропроводов.

4.2 Пожарно-техническая экспертиза соответствия площади пожарных отсеков требованиям пожарной безопасности

Пожарный отсек – это часть здания, выделяемая противопожарными стенами с целью ограничения пожара и обеспечения для его ликвидации.

На практике выделяют два способа определения площади пожарного отсека:

1) *нормативный* – подразумевает применение строительных норм для определения величины площади пожарного отсека зданий и сооружений определённого функционального назначения.

Например, для производственных зданий, при определении площади пожарного отсека необходимо обратиться к таблице 5 п. 5.29. СП 56.13330.2011.

Независимо от назначения здания условия безопасности выполнены, если значение фактической площади отсека равно или меньше нормативного значения;

2) *расчётный* – определение величины площади пожарного отсека заключается в следующем [21].

Максимальная площадь пожара, на которой он может быть успешно потушен с минимальным ущербом или за допустимое время, принимается за площадь пожарного отсека. Допустимое время тушения принимается в зависимости от ряда соображений.

Во-первых, это время может быть назначено с учётом того, чтобы пожар был потушен до обрушения основных несущих конструкций здания. В этом случае площадь отсека должна удовлетворять следующему условию

$$\tau_p = \frac{P_{\phi}}{k_o}, \quad (4.1)$$

где τ_p – расчётное время тушение пожара, мин;

P_{ϕ} – наименьший предел огнестойкости несущей конструкции, мин;

k_o – коэффициент безопасности, $k_o=1,1$.

Во-вторых, это время может быть назначено, исходя из допустимого ущерба при тушении пожара. Минимальному ущербу от пожара соответствует минимальное время его тушения. Тогда, площадь отсека должна удовлетворять следующему условию

$$\tau_p \leq \tau_{доп}, \quad (4.2)$$

где $\tau_{доп}$ – допустимое время тушение пожара из условия обеспечения допустимого ущерба для данного здания или сооружения, мин.

Таким образом, площадь пожарного отсека можно представить в следующем виде

$$F_{отс} = \frac{\left(\frac{P_{\phi}}{K_o} - \Delta\tau_o \right) Q}{\beta I_{тр} \tau_n}, \quad (4.3)$$

где $F_{отс}$ – площадь пожарного отсека, м²;

P_{ϕ} – наименьший предел огнестойкости несущей конструкции, мин;

K_o – коэффициент безопасности, принимаемы равным 1,1;

$\Delta\tau_o$ – время горения до начала тушения, мин (при использовании автоматических установок пожаротушения допускается принимать равным 10 мин, при отсутствии данных допускается принимать равным 30 мин);

Q – гарантированный расход огнетушащего вещества, л/с;

β – коэффициент объемности, представляющий отношение возможной площади поверхности горения к площади пола;

$I_{тр}$ – требуемая интенсивность подачи огнетушащих веществ на тушение пожара, л/(м²·с), (таблицы 6 и 7);

τ_n – нормативная продолжительность тушения при данной интенсивности подачи огнетушащего вещества на тушение, мин, (при отсутствии данных допускается принимать равным: при тушении водой – 20 мин, при тушении пеной – 10 мин).

Таблица 6 – Требуемая интенсивность подачи огнетушащих веществ на тушение пожара

Здания, сооружения, вещества и материалы	Интенсивность подачи раствора, л/(м ² ·с)
1) здания и сооружения	
Административные здания:	
I–III степени огнестойкости	0,06
IV степени огнестойкости	0,10
V степени огнестойкости	0,15
Подвальные помещения	0,10
Чердачные помещения	0,10

Ангары, гаражи, мастерские, трамвайные и троллей- бусные депо	0,20
Больницы	0,10
Жилые дома и подсобные постройки:	
I–III степени огнестойкости	0,03

Продолжение таблицы 6

Здания, сооружения, вещества и материалы	Интенсивность подачи раствора, л/(м ² ·с)
IV степени огнестойкости	0,10
V степени огнестойкости	0,15
Подвальные помещения	0,15
Чердачные помещения	0,15
Животноводческие здания:	
I–III степени огнестойкости	0,10
IV степени огнестойкости	0,15
V степени огнестойкости	0,20
Культурно-зрелищные учреждения (театры, кинотеатры, дворцы культуры):	
- сцена	0,20
- зрительный зал	0,15
- подсобные помещения	0,15
2) производственные здания	
Участки и цехи с категорией производства в зданиях:	
I–II степени огнестойкости	0,35
III степени огнестойкости	0,20
IV–V степени огнестойкости	0,25
Окрасочные цехи	0,20
Подвальные помещения	0,30
Сгораемые покрытия больших площадей в производственных зданиях:	
- при тушении снизу внутри здания	0,15
- при тушении снаружи со стороны покрытия	0,08
- при тушении снаружи при развившемся пожаре	0,15
Строящиеся здания	0,10
Торговые предприятия и склады товарно-материальных ценностей	0,20
Холодильники	0,10
Электростанции и подстанции:	
- кабельные туннели и полуэтажи (подача тонкораспыленной воды)	0,20
- машинные залы и котельные отделения	0,20
- галереи топливоподачи	0,10
- трансформаторы, реакторы, масляные выключатели (подача тонкораспыленной воды)	0,10
3) транспортные средства	
Автомобили, трамваи, троллейбусы на открытых стоянках	0,10

Продолжение таблицы 6

Здания, сооружения, вещества и материалы	Интенсивность подачи раствора, л/(м ² ·с)
Самолеты и вертолеты:	
- внутренняя отделка (при подаче тонкораспыленной воды)	0,08
- конструкции с наличием магниевых сплавов	0,25
- корпус	0,15
Суда (сухогрузные и пассажирские):	
Надстройки (пожары внутренние и наружные) при подаче цельных и тонкораспыленных струй	0,20
Трюмы	0,20
4) твёрдые материалы	
Бумага разрыхленная	0,30
Древесина:	
Балансовая, при влажности:	
от 40 до 50 %	0,20
менее 40 %	0,50
Пиломатериалы в штабелях в пределах одной группы при влажности:	
от 4 до 6 %	0,45
от 20 до 30 %	0,30
свыше 30 %	0,20
Круглый лес в штабелях	0,3
Щепа в кучах с влажностью от 30 до 50 %	0,10
Каучук, резина и резинотехнические изделия	0,30
Льнокостра в отвалах (подача тонкораспыленной воды)	0,20
Льнотресты (скирды, тюки)	0,25
Пластмассы:	
- термопласты	0,14
- реактопласты	0,10
Полимерные материалы и изделия из них	0,20
Текстолит, карболит, отходы пластмасс, плёнка	0,30
Торф на фрезерных полях влажностью от 15 до 30 % (при удельном расходе воды от 110 до 140 л/м и времени тушения 20 мин)	0,10
Торф фрезерный в штабелях (при удельном расходе воды 235 л/м и времени тушения 20 мин)	0,20
Хлопок и другие волокнистые материалы:	
- открытые склады	0,20

- закрытые склады	0,30
-------------------	------

Продолжение таблицы 6

Здания, сооружения, вещества и материалы	Интенсивность подачи раствора, л/(м ² ·с)	
	пена средней кратности	пена низкой кратности
Целлулоид и изделия из него	0,40	
5) ядохимикаты и удобрения		
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (при тушении тонкораспыленной водой)		
Ацетон	0,40	
Нефтепродукты в емкостях:		
- с температурой вспышки ниже 28 °С	0,30	
- с температурой вспышки от 28 до 60 °С	0,20	
- с температурой вспышки более 60 °С	0,20	
Горючая жидкость, разлившаяся на поверхности площадки, в траншеях технологических лотках	0,20	
Термоизоляция, пропитанная нефтепродуктами	0,20	
Спирты (этиловый, метиловый, пропиловый, бутиловый и др.) на складах и спиртзаводах	0,40	
Нефть и конденсат вокруг скважины фонтана	0,20	

Таблица 7 – Интенсивность подачи 6 %-го раствора при тушении пожаров воздушно-механической пеной на основе пенообразователя ПО-1

Здания, сооружения, вещества и материалы	Интенсивность подачи раствора, л/(м ² ·с)	
	пена средней кратности	пена низкой кратности
1	2	3
1) здания и сооружения		
Объекты переработки углеводородных газов, нефти и нефтепродуктов:		
- аппараты открытых технологических установок	0,10	0,25
- насосные станции	0,10	0,25
Разлитый нефтепродукт из аппаратов технологической установки, в помещениях, в технологических лотках	0,10	0,25
Тарные хранилища горючих и смазочных материалов	0,08	0,25
Цехи полимеризации синтетического каучука	1,00	—
Электростанции и в подстанции:		
- отельные и машинные отделения	0,05	0,10

- трансформаторы и масляные выключатели	0,20	0,15
---	------	------

Продолжение таблицы 7

Здания, сооружения, вещества и материалы	Интенсивность подачи раствора, л/(м ² ·с)	
	пена средней кратности	пена низкой кратности
2) транспортные средства		
Самолеты и вертолеты:		
- горючая жидкость на бетоне	0,08	0,15
- горючая жидкость на грунте	0,25	0,15
Нефтеналивные суда:		
- нефтепродукты первого разряда (температура вспышки ниже 28 °С)	0,15	—
- нефтепродукты второго и третьего разряда (температура вспышки 28 °С и выше)	0,10	—
Сухогрузы, пассажирские и нефтеналивные суда:		
Трюмы и надстройки (внутренние пожары)	0,13	—
Машинно-котельное отделение	0,10	—
3) материалы и вещества		
Каучук, резина, резинотехнические изделия	0,20	—
Нефтепродукты в резервуарах:		
- бензин, лигроин, керосин тракторный и другие с температурой вспышки ниже 28 °С	0,08	0,12
- керосин осветительный и другие с температурой вспышки 28 °С и выше	0,05	0,16
- мазуты и масла	0,05	0,10
- нефть в резервуарах	0,05	0,12
- нефть и конденсат вокруг скважины фонтана	0,05	0,15
Разлившаяся горючая жидкость на территории, в траншеях и технологических лотках (при обычной температуре вытекающей жидкости)	0,05	0,15
Пенополистирол (ПС-1)	0,08	0,12
Твердые материалы	0,10	0,15
Термоизоляция, пропитанная нефтепродуктами	0,05	0,10
Циклогексан	0,12	0,15
Этиловый спирт в резервуарах, предварительно разбавленный водой до 70 % (подача 10 % раствора на основе ПО-1С)	0,35	-

Коэффициент объёмности β принимается равным следующим значениям:

- $\beta = 1$ – для помещений, в которых обращаются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости;

- $\beta = 2$ – для многоэтажных зданий, в которых обращаются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, способные разлиться на два этажа и более;

- $\beta < 1$ – для зданий без оконных проёмов, где горение может быть меньше площади пола.

Пожарная секция – это часть здания в пределах этажа, выделенная в объёме пожарного отсека противопожарными преградами, в пределах которых размещаются родственные по функциональному назначению, пожарной опасности или роду применяемых средств тушения процессы. Площадь секции нормируется не всегда.

Целесообразность устройства секций определяется требованиями пожарной безопасности и технико-экономическими показателями, поэтому исходят из необходимости:

- разделения процессов или изоляцией помещений различных по взрывопожарной и пожарной опасности;

- изоляции процессов с открытым выделением искр, пламени от взрывопожароопасных производств;

- изоляцией процессов несовместимых по пожарной опасности;

- изоляции помещений с массовым пребыванием людей от пожароопасных помещений;

- изоляцией процессов, выделяющих при пожаре вредные или ядовитые вещества;

- разделение подвальных помещений на отдельные помещения;

- разделение помещений с веществами, требующих различные средства тушения и т. д.

Необходимость устройства пожарных секций устанавливают, как правило, соответствующие нормативные документы.

4.3 Методика расчёта устойчивости противопожарной стены

Согласно требованиям, п. 7.16 СНИП 21-01-97 – противопожарные стены, разделяющие здание на пожарные отсеки, должны возводиться на всю высоту здания и обеспечивать нераспространение пожара в смежный пожарный отсек при обрушении конструкций здания со стороны очага пожара.

Чаще всего и наиболее вероятно одностороннее обрушение конструкций в зданиях с несущими деревянными и металлическими конструкциями. При пожарах в таких зданиях стены, перекрытия и покрытие с одной стороны противопожарной стены выгорают или обрушаются, но стена, лишённая опоры, превращается в свободно стоящую. От опрокидывания противопожарную стену удерживает собственная масса, в качестве опрокидывающей силы может явиться давление ветра. В зданиях с наружными каменными стенами и деревянным чердачным покрытием возможно выгорание конструкций покрытия и опрокидывание противопожарной стены в пределах чердака.

Во всех указанных случаях проверяют сечение противопожарной стены на устойчивость против опрокидывания. Расчёт производят, исходя из требований устойчивости на опрокидывание при действии ветровой нагрузки.

Методика расчёта ветровой нагрузки изложена в разделе 11 СП 20.13330.2016.

Условие устойчивости противопожарной стены на опрокидывание формируется по соотношению

$$M_{y\partial} \geq M_{opr}, \quad (4.4)$$

где $M_{y\partial}$ – удерживающий момент от собственной массы;

M_{opr} – опрокидывающий момент от расчётных ветровых усилий.

$$M_{y\partial} = \frac{1}{2} n P \delta, \quad (4.5)$$

где n – коэффициент перегрузки;

P – собственная масса противопожарной стены, кг (Н);

δ – толщина противопожарной стены, м.

При расчёте толщины противопожарной стены обычно рассматривают действие сил на отрезке её ширины в 1 м, тогда масса стены будет

$$P = \rho \cdot h \cdot \delta, \quad (4.6)$$

где ρ – плотность кладки противопожарной стены, кг/м (по условию);

h – общая высота противопожарной стены, м.

С учётом условия устойчивости требуемая толщина противопожарной стены составит

$$\delta = \sqrt{\frac{2M_{opr}}{n\rho h}}. \quad (4.7)$$

Значение опрокидывающего момента M_{opr} определяется по формуле

$$M_{opr} = P_{ннв} \left(h - \frac{h_2}{2} \right) + P_{ннв} \cdot \frac{h_1}{2}, \quad (4.8)$$

где $P_{ннв}$ – расчётное ветровое усилие, действующее на гребень противопожарной стены с наветренной стороны, кгс/м².

Давление ветра на стену с наветренной и подветренной сторон определяется по формуле

$$\begin{aligned} P_{ннв} &= w_m \cdot n \cdot h_2 = w_o \cdot k(z_e) \cdot n \cdot h_2, \\ P_з &= w_m \cdot n \cdot h_1 = w_o \cdot k(z_e) \cdot n \cdot h_1, \end{aligned} \quad (4.9)$$

где $P_{ннв}$ – расчётное ветровое усилие, действующее на гребень противопожарной стены с наветренной стороны, кгс/м²;

$P_з$ – расчётное ветровое усилие, действующее на противопожарную стену с заветренной стороны, кгс/м (Н/м²);

h_1 – высота противопожарной стены до конька крыши или фонаря, м;

h_2 – высота гребня противопожарной стены, м.

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m , в зависимости от эквивалентной высоты z_e над поверхностью земли, следует определять по формуле

$$w_m = w_o \cdot k(z_e) \cdot c, \quad (4.10)$$

где w_o – нормативное значение ветрового давления;

$k(z_e)$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z_e ;

c – аэродинамический коэффициент.

Значение аэродинамического коэффициента c принимают для вертикальных поверхностей с наветренной стороны равным 0,8; с заветренной стороны – 0,6; для свободно стоящих стен и гребней стен над покрытиями – 1,4.

Нормативное значение ветрового давления w_o принимается в зависимости от ветрового района по таблице 8.

Таблица 8 – Нормативное значение ветрового давления w_0 принимается в зависимости от ветрового района

Ветровые районы (принимаются по рисунку 2)	1a	I	II	III	IV	V	VI	VII
w_o , кПа	0,17	0,23	0,30	0,38	0,48	0,60	0,73	0,85

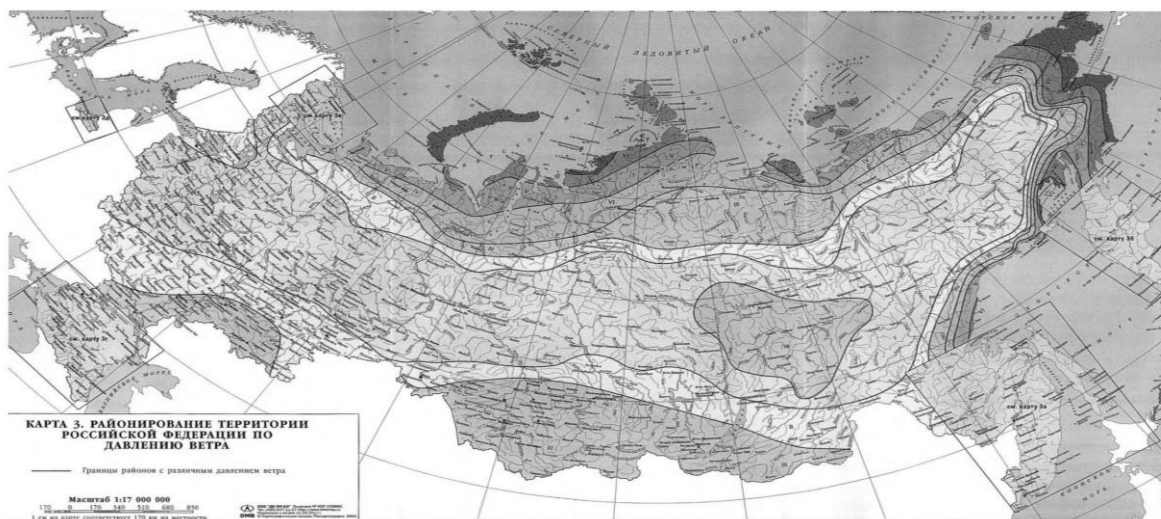


Рисунок 2 – Районирование территории Российской Федерации по давлению ветра

Нормативное значение ветрового давления допускается определять в установленном порядке на основе данных метеостанций Росгидромета. В этом случае w_o , Па, следует определять по формуле

$$w_o = 0,43v_{50}^2, \quad (4.11)$$

где v_{50}^2 – давление ветра, соответствующее скорости ветра, м/с, на уровне 10 м над поверхностью земли для местности типа А, определяемой с 10-минутным интервалом осреднения и превышаемой в среднем один раз в 50 лет.

Эквивалентная высота z_e определяется по алгоритму.

1) для башенных сооружений, мачт, труб и т. п. сооружений

$$z_e = z. \quad (4.12)$$

2) для зданий:

а) при $h \leq d - z_e = h$;

б) при $h \leq 2d$:

для $z \geq h - d - z_e = h$;

для $0 < z < h - d - z_e = d$;

в) при $h > 2d$:

для $z \geq h - d - z_e = h$;

для $d < z < h - d - z_e = z$;

для $0 < z \leq d - z_e = d$,

где z – высота от поверхности земли;

d – размер здания (без учёта его стилобатной части) в направлении, перпендикулярном расчетному направлению ветра (поперечный размер);

h – высота здания.

Коэффициент $k(z_e)$ определяется по таблице 9 или по формуле

$$k(z_e) = k_{10} \left(\frac{z_e}{10} \right)^{2\alpha}, \quad (4.13)$$

в которых принимаются следующие типы местности:

A – открытые побережья морей, озер и водохранилищ, сельские местности, в том числе с постройками высотой менее 10 м, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

B – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;

C – городские районы с плотной застройкой зданиями высотой более 25 м. Сооружение считается расположенным в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны сооружения на расстоянии $30h$ – при высоте сооружения h до 60 м и на расстоянии 2 км – при $h > 60$ м.

Таблица 9 – Значение коэффициента $k(z_e)$

Высота z_e , м	Коэффициент $k(z_e)$ для типов местности		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
< 5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8

250	2,65	2,3	2,0
-----	------	-----	-----

Продолжение таблицы 9

Высота z_e , м	Коэффициент $k(z_e)$ для типов местности		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
300	2,75	2,5	2,2
350	2,75	2,75	2,35
> 480	2,75	2,75	2,75

Значения параметров k_{10} и α для различных типов местностей приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Значения параметров k_{10} и α для различных типов местностей

Параметр	Тип местности		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
α	0,15	0,20	0,25
k_{10}	1,0	0,65	0,4
C_{10}	0,76	1,06	1,78

Расчётную ветровую нагрузку W определяют как произведение нормативной ветровой нагрузки w_m на коэффициент перегрузки n

$$W = w_m \cdot n. \quad (4.14)$$

При расчёте противопожарных стен коэффициент перегрузки n принимают равным 1,3.

При определении собственной массы противопожарной стены коэффициент перегрузки n принимают равным 0,9.

4.4 Пожарно-техническая экспертиза соответствия генерального плана требованиям пожарной безопасности

Генеральная планировка населённого пункта, города или промышленного предприятия должна способствовать успешному маневрированию пожарных подразделений при тушении пожара и препятствовать распространению огня с одного здания на другое, с одного объекта на смежный [17–20].

Перед проведением проверки генерального плана объекта необходимо изучить противопожарные требования соответствующих нормативных документов.

Частная методика проверки генерального плана объекта (города, поселка, сельского населённого пункта, предприятия) должна включать в себя следующие вопросы:

- 1) разделение общей территории города, поселка, сельского населённого пункта, промышленного предприятия на зоны или функциональные территории;
- 2) учёт рельефа местности;
- 3) учёт господствующего направления ветра при размещении:

- складов ЛВЖ, ГЖ, сжиженных газов, сгораемых материалов;
- установок с открытым источником огня или выбросом искр взрывопожароопасных объектов;

4) наличие въездов, подъездов и дорог:

- количество въездов на территорию, расстояние между въездами;
- ширина ворот автомобильных въездов;
- расстояние от дорог с твёрдым покрытием на территории до зданий;
- подъезды к зданиям и окружениям с учётом их размеров (ширины, длины) и наличия замкнутых и полузамкнутых дворов;
- наличие сквозных проездов в зданиях большей протяженности;
- наличие на тупиковых участках улиц и дорог площадок для разворота пожарных автомобилей;

5) возможность доступа из пожарных автолестниц или автоподъёмников в любую квартиру или помещение;

6) наличие пешеходных мостов, тоннелей или галерей в местах пересечения пешеходных путей с железными или автомобильными дорогами;

7) противопожарное водоснабжение – наличие пожарных водоёмов или гидрантов, наличие подъездов к пожарным водоёмам, расстояние до пожарных гидрантов от дорог и зданий;

8) пожарные депо – наличие, количество, радиус обслуживания;

9) противопожарные разрывы между:

- зданиями;
- складами;
- зданиями и складами;
- зданиями, различными сооружениями, а также технологическими установками.

Фактические планировочные решения генеральных планов объекта или населённого пункта устанавливаются по чертежам ситуационного плана, вертикальной или горизонтальной планировки, а иногда по альбому (части проекта, именуемому «Генеральная планировка»). При этом особое внимание обращают на размещение проектируемых и сносимых зданий, наличие дорог, подъездов и проездов, противопожарные разрывы, противопожарное водоснабжение, учёт рельефа местности и «розы ветров».

Необходимые расстояния между зданиями, сооружениями, складами, въездами, дорогами, и др. определяют при помощи мерной линейки с использованием масштаба чертежа.

Высоту размещения отдельных зданий, сооружений и складов по отношению к другим объектам устанавливают по цифровым отметкам горизонтали на чертеже вертикальной планировки.

«Роза ветров», показываемая обычно в левой верхней части чертежа генплана, определяет преобладающее направление ветра в течение года и позволяет проверить правильность размещения взрывопожароопасных зданий, складов, сооружений и установок с подветренной стороны по отношению к другим запроектированным объектам.

Результаты проверки генеральной планировки заносятся в таблицу проверки, после которой делается общий вывод о соответствии предусмотренных в проектной документации решений требованиям пожарной безопасности.

4.5 Определение величины противопожарных разрывов

Противопожарные разрывы предназначены для предупреждения возможности распространения пожара на соседние здания и сооружения до момента введения сил и средств на тушение пожара и защиту смежных объектов, а также для обеспечения успешного маневрирования пожарных подразделений. Таким образом, разрывы между зданиями и сооружениями можно рассматривать как один из видов противопожарных преград.

4.5.1 Нормативное определение величины противопожарных разрывов

Нормативные требования к противопожарным разрывам содержатся в главах строительных норм:

СП 18.13330.2011 – по проектированию генеральных планов промышленных предприятий;

СП 19.13330.2011 – сельскохозяйственных предприятий;

СП 42.13330.2011 – по планировке, застройке городских и сельских поселений является;

СП 53.13330.2011 – по планировке и застройке садоводческих объединений граждан;

СП 4.13130.2013 – складов нефти и нефтепродуктов.

Требования к разрывам, развивающие и дополняющие положения сводов правил, имеются также в ведомственных нормативных документах, указаниях и инструкциях. Как правило, своды правил регламентируют величину разрыва между зданиями и сооружениями в зависимости от их назначения, пожарной опасности и степени огнестойкости.

Специализированные и ведомственные нормативные документы, в большей степени, учитывают особенности проектируемых объектов и нормируют разрывы с учётом дополнительных факторов: физико-химических свойств перерабатываемых или хранимых веществ, способа производства, вида и наименования установок и т. д.

Нормы содержат также указания о способах компенсации недостающей величины противопожарных разрывов.

Уменьшение требуемой величины противопожарного разрыва возможно:

- при наличии в зданиях автоматических систем пожаротушения или пожарной сигнализации;
- снижения пожарной нагрузки или пожарной опасности производств;
- снижения вместимости складов или изменении способа хранения веществ;
- повышении степени огнестойкости зданий и сооружений.

Согласно п. 3.32 [18], расстояние между производственными зданиями и сооружениями не нормируется:

а) если сумма площадей полов двух и более зданий или сооружений III-V степеней огнестойкости не превышает площади пола, допускаемой между противопожарными стенами по наиболее пожароопасному производству и низшей степени огнестойкости зданий и сооружений;

б) если стена более высокого или широкого здания, или сооружения, выходящая в сторону другого здания, является противопожарной;

в) если здания и сооружения III степени огнестойкости независимо от пожарной опасности размещаемых в них производств имеют противостоящие глухие стены или стены с проёмами, заполненными стеклоблоками или армированным стеклом с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч;

г) для зданий и сооружений I и II степеней огнестойкости производствами категорий Г и Д.

Результаты определения величины противопожарных разрывов заносятся в таблицу проверки, по форме таблицы 1, после которой делается общий вывод о соответствии предусмотренных в проектной документации решений требованиям пожарной безопасности.

4.5.2 Аналитическое определение величины противопожарных разрывов

В работе [19] изложен метод расчёта противопожарных разрывов с учётом требований экономики и пожарной безопасности, полученный на основе анализа причин распространения пожара между зданиями и сооружениями.

Причинами распространения пожара на промышленных объектах могут быть перенос тепловой энергии путём лучистого и конвективного теплообмена, взрывы в технологическом оборудовании; выброс, вскипание или разлив горючих жидкостей при горении в резервуарах; излишняя загазованность среды и переход огня по паро- или газозадушенной горючей смеси на негорящий объект; замазученность и захламлённость территории.

При обосновании противопожарных разрывов между зданиями и сооружениями учитывают только лучистый теплообмен.

Конвективной составляющей теплового потока пренебрегают по следующим причинам:

во-первых – при пожарах она всегда направлена вверх и не влияет на степень нагрева облучаемого объекта;

во-вторых – при ветровых напорах в сторону облучаемого объекта плотность теплового потока несколько ослабевает за счёт уменьшения размеров излучающей поверхности при наклоне пламени и увеличения задымлённости среды между объектами.

Таким образом, в основу аналитического метода обоснования величин противопожарных разрывов между зданиями и сооружениями принята классическая теория теплообмена излучением.

Сущность задачи сводится к сопоставлению реальной (падающей) плотности теплового потока для облучаемого объекта q_{nad} с максимально допустимой q_{don} . Условие безопасности выполняется, если

$$q_{nad} < q_{don}. \quad (4.15)$$

Теоретическое определение величины q_{nad} сводится к определению плотности теплового потока на поверхности элемента F_2 при излучающей поверхности F_1 .

Проведя ряд математических преобразований определив интегральную (среднеповерхностную) плотность теплового потока q_u ($\text{Вт}/\text{м}^2$), а также коэффициент облученности φ поверхностью F_1 площадки на поверхности F_2 с учётом условия безопасности получается

$$q_u \varphi \leq q_{don}. \quad (4.16)$$

Искомая величина противопожарного разрыва входит в коэффициент облученности φ . Она будет удовлетворять требованиям пожарной безопасности и экономики при соблюдении равенства

$$q_{don} = q_u \varphi. \quad (4.17)$$

Форму и расчётные параметры пламени следует принимать в зависимости от вида горючего материала, способа его хранения и степени огнестойкости зданий.

Для зданий всех степеней огнестойкости, независимо от категории пожарной опасности, площадь пламени определяется как произведение длины фронта пламени на его высоту. При этом расчётная длина фронта пламени принимается:

а) для зданий I и II степеней огнестойкости категории А и Б по пожарной опасности – равной длине остеклённой части фасада здания в пределах противопожарных преград. В данном случае противопожарными преградами следует считать ограждающие конструкции с пределом огнестойкости не менее 300 мин и защитой проёмов в них с пределом огнестойкости не менее 50 мин, негорючие сплошные бортики в сочетании с автоматическими системами пожаротушения, препятствующими разливу горючей жидкости и распространению пожара по всему помещению до введения сил и средств пожаротушения;

б) для зданий I, II и III степеней огнестойкости Б, Г и Д по пожарной опасности с учётом скорости распространения пожара – равной длине остеклённой части фасада в пределах противопожарных преград, но не более значений $2\tau_{св}V_{л}$ (где $\tau_{св}$ – время свободного горения, мин, т.е. время от начала пожара до введения сил и средств пожаротушения; $V_{л}$ – линейная скорость распространения пожара, м/мин;);

в) для зданий IV и V степеней огнестойкости – равной длине здания в пределах противопожарных стен, но не более $2\tau_{св}V_{л}$.

Время введения сил и средств на тушение пожара следует принимать равным 10 мин при наличии в горящем здании автоматических систем пожаротушения или автоматической сигнализации при пожаре, 15 мин в городах при охране объектов городскими пожарными частями; 30 мин для районов сельской

местности, Крайнего Севера и Дальнего Востока при отдалённости (радиус выезда пожарных команд от охраняемого объекта более, чем на 10 км).

Расчётная высота пламени для зданий I, II и III степеней огнестойкости принимается равной удвоенной высоте остекления в пределах одного этажа, но не более 10 м, для зданий IV и V степеней огнестойкости – высоте здания.

Для открытых установок и этажерок с применением легковоспламеняющихся и горючих жидкостей длина пламени принимается равной длине установки, а высота – равной 10 м.

Для расходных складов лесопиломатериалов длина пламени принимается равной длине площадки для хранения лесоматериалов, а высота h_{nl} – в зависимости от высоты штабеля складываемого материала:

- 1) при высоте штабеля $h < 3$ м – $h_{nl} = 3h$;
- 2) при высоте штабеля $3 \text{ м} < h < 6$ м – $h_{nl} = 2,5h$;
- 3) при высоте штабеля $6 \text{ м} < h < 12$ м – $h_{nl} = 2h$.

Для складов торфа и каменного угля длина излучающей поверхности (пламени) принимается равной $2\tau_{св} V_{л}$, а высота равной высоте штабеля.

При определении разрывов от наземных расходных складов ЛВЖ и ГЖ до зданий и сооружений длина пламени принимается равной длине или диаметру обвалования, а высота – равной 10 м.

При определении разрывов между резервуарами на складах ЛВЖ и ГЖ форма пламени приводится к равнобедренному треугольнику, основание которого равно диаметру резервуара, а высота равна полутора диаметрам при горении ЛВЖ и одному диаметру при горении ГЖ.

При расчёте коэффициента облучённости либо величины разрыва по номограммам допускается принимать форму пламени прямоугольной с основанием, равным диаметру резервуара D , и высоте $0,55D$ при горении ЛВЖ и $0,45D$ при горении ГЖ.

Таким образом, для определения величины противопожарного разрыва между зданиями и сооружениями необходимо располагать надёжными исходными данными по допускаемой интенсивности облучения для объектов различного назначения, интегральной интенсивности излучения пламени при горении материалов в различных условиях, а также по размерам и форме излучающих поверхностей, влияющих на коэффициент облучённости.

Данная задача решается методом последовательных приближений, поэтому расчёт может быть достаточно объёмным. Подобная сложность устраняется при использовании номограммы (рисунок 3) и табличных данных о средней интегральной интенсивности облучения пламени и допустимой интенсивности облучения горючих материалов (таблицы 11 и 12).

Номограмма, представленная на рисунке 3, построена для случая, когда излучающая поверхность приведена к прямоугольнику, а облучаемая элементарная площадка проецируется в геометрический центр излучаемой поверхности. Она позволяет определять величину:

- противопожарных разрывов в зависимости от длины l_{nl} и высоты пламени h_{nl} ;

- значения допустимой интенсивностей облучения $q_{доп}$;
- значения средней интегральной интенсивностей излучения пламени q_u ;
- отношения площади оконных проёмов $\Sigma F_{ост}$ к площади излучающего фасада $F_{у.ф}$.

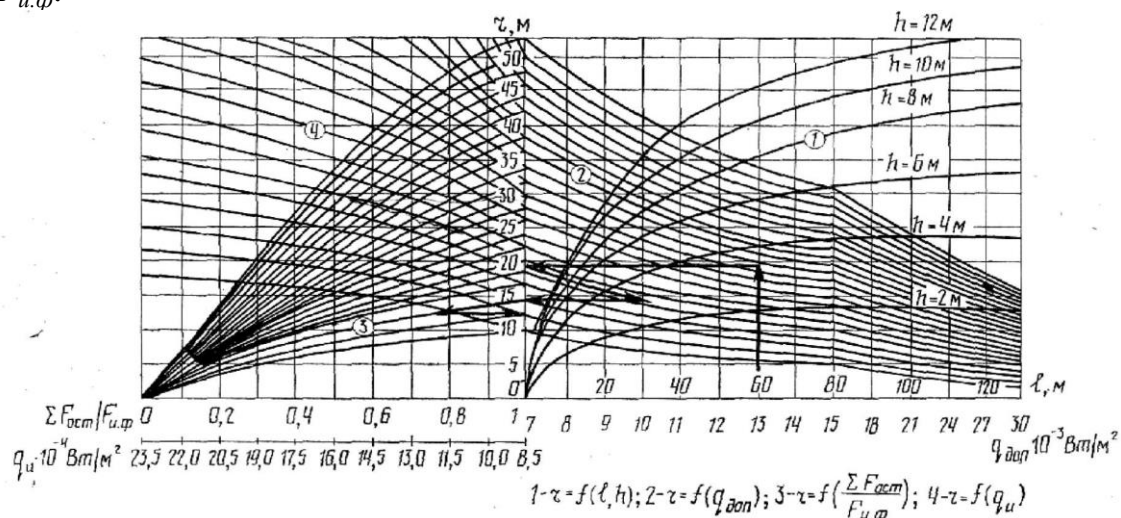


Рисунок 3 – Номограмма для определения величины противопожарных разрывов

Таблица 11 – Расчётные значения допустимой для облучаемого объекта интенсивности облучения

Наименование объектов	Допустимая интенсивность облучения $q_{доп}$, кВт/м ² , при продолжительности облучения, мин			
	5	10	15	30
Здания I и II степеней огнестойкости с производствами категорий А и Б по пожарной опасности, здания IV и V степеней огнестойкости, склады лесоматериалов, здания с производствами категорий В	16,9	15,5	14,0	12,5
Здания III степени огнестойкости с производствами категорий Г и Д по пожарной опасности	19,2	17,0	14,8	13,3
Открытые установки с применением горючих жидкостей и газов, резервуары с горючими жидкостями	16,9	14,5	12,0	11,0
Склады горючих и сжиженных газов	35,0	31,5	17,9	14,4
Резервуары с легковоспламеняющимися жидкостями	34,9	30,0	24,8	19,5
Склады торфа	14,4	12,0	9,8	9,5
Открытые склады каменного угля, открытые установки и сооружения из несгораемых конструкций с производствами кате-	—	—	—	35

горий Г и Д по пожарной опасности				
-----------------------------------	--	--	--	--

Таблица 12 – Рекомендуемые для расчетов средние значения интегральной интенсивности излучения пламени

Вид горючего материала и условия горения	Значение интегральной интенсивности излучения q_u , кВт/м ²
При горении ЛВЖ и ГЖ в резервуарах и обвалованиях:	
- бензин	97,2
- дизельное топливо	72,8
- нефть	60
При горении ЛВЖ и ГЖ на этажерках и открытых производственных установках	100
При горении ЛВЖ и ГЖ в зданиях I и II степеней огнестойкости	175
Открытые склады лесоматериалов, здания IV и V степеней огнестойкости	117
Жилые, общественные и промышленные здания с производствами категории В по пожарной опасности I, II и III степеней огнестойкости	155
Здания и сооружения с применением сжиженных горючих газов, склады сжиженных газов	289
Нефтяные, нефтегазовые и газовые скважины	289

Порядок пользования номограммой.

По расчётным значениям размеров пламени (линии 1 правой части номограммы) определяется величина разрыва при $q_{don} = 7$ кВт/м²; $q_u = 85$ кВт/м² и $\Sigma F_{ocm}/F_{u,\phi} = 1$. В соответствии с рекомендуемыми расчётными значениями q_u и $\Sigma F_{ocm}/F_{u,\phi}$ вносятся поправки на величину противопожарного разрыва.

Порядок внесения поправок не влияет на определяемую величину противопожарного разрыва. Поправка на величину разрыва с учётом расчётного значения q_{don} определяется по нисходящим линиям правой части номограммы (линии 2), на q_u – по восходящим линиям (линии 4), а на $\Sigma F_{ocm}/F_{u,\phi}$ – по нисходящим линиям (линии 3) левой части номограммы. На номограмме стрелками показано определение величины разрыва при расчётных размерах пламени: $l_{nl} = 60$ м; $h_{nl} = 3,6$ м; $q_{don} = 10300$ кВт/м²; $q_u = 85000$ кВт/м² и $\Sigma F_{ocm}/F_{u,\phi} = 0,75$.

4.6 Обеспечение безопасной эвакуации людей из помещений и зданий при пожаре

4.6.1 Определение расчётного (фактического) времени эвакуации

Расчётное время эвакуации – сумма времени движения людского потока по отдельным участкам от наиболее удалённых мест размещения людей до эвакуационного выхода.

Методика определения расчётного времени эвакуации людей из помещений и зданий изложена в ГОСТ 12.1.004–91.

Время эвакуации рассчитывается по наиболее загруженному эвакуационному выходу.

Время движения людского потока на отдельных участках пути определяется по формуле

$$\tau_1 = \frac{L_1}{V_1}, \quad (4.18)$$

$$D_1 = \frac{N_1 f}{L_1 \delta_1}, \quad (4.19)$$

В зависимости от плотности людского потока на участке, определяется интенсивность движения людей q .

На первом участке пути значение q выбирается по таблице, на последующих участках интенсивность движения людей определяется:

- при изменении ширины участка без слияния людских потоков

$$q_i = \frac{q_{i-1} \delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (4.20)$$

- при слиянии нескольких людских потоков

$$q_i = \frac{\sum (q_{i-1} \delta_{i-1})}{\delta_i}, \quad (4.21)$$

Если найденное значение интенсивности движения превышает максимально допустимое значение, то это означает, что на участке образуется скопление людей, приводящее к задержке движения. В этом случае необходимо увеличить ширину участка пути, при котором скопления не образуется.

Значение скорости движения людского потока на первом участке пути определяется в зависимости от плотности людского потока:

$$\delta_i^{mp} = \frac{\sum (q_{i-1} \delta_{i-1})}{q_{max}}, \quad (4.22)$$

Если по экономическим или техническим соображениям увеличение ширины участка невозможно, расчётное время эвакуации определяется с учётом задержки движения, возникающей перед границей i -го участка

$$\tau_i = \frac{L_i}{V_{np}} + \Delta\tau_i, \quad (4.23)$$

где V_{np} – скорость движения при предельной плотности ($D > 0,9$ м/мин);

$\Delta\tau_i$ – время задержки движения на i -ом участке, мин.

Следовательно

$$\Delta\tau_i = N_i f \left[\frac{1}{q_{np} \delta_i} - \frac{1}{\sum (q_{i-1} \delta_{i-1})} \right], \quad (4.24)$$

Расчётное время эвакуации людей τ_p следует определять, как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути t_i по формуле

$$\tau_p = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots + \tau_i. \quad (4.25)$$

Условие безопасности выполняется, если расчётное время эвакуации не превышает необходимое

$$\tau_p \leq \tau_{н.б.} \quad (4.26)$$

4.6.2 Определение необходимого (допустимого) времени эвакуации

Необходимое время эвакуации – время с момента возникновения пожара, в течение которого люди должны эвакуироваться в безопасную зону без причинения вреда жизни и здоровью людей в результате воздействия опасных факторов пожара.

Для каждого этапа эвакуации существует своё критическое время, по истечении которого один из опасных факторов пожара раньше других достигнет своего критического значения.

Порядок проведения расчёта необходимого времени эвакуации изложен в ГОСТ 12.1.004–91 и заключается в следующем.

Производится экспертный выбор сценария или сценариев пожара, при которых ожидаются наихудшие последствия для находящихся в здании людей.

Формулировка сценария развития пожара включает в себя следующие этапы:

- 1) выбор места нахождения первоначального очага пожара и закономерностей его развития;
- 2) задание расчётной области (выбор рассматриваемой при расчёте системы помещений, определение учитываемых при расчёте элементов внутренней структуры помещений, задание состояния проёмов);
- 3) задание параметров окружающей среды и начальных значений параметров внутри помещений.

Выбор места нахождения очага пожара производится экспертным путём. При этом учитывается количество горючей нагрузки, её свойства и расположение, вероятность возникновения пожара, возможная динамика его развития, расположение эвакуационных путей и выходов.

Наиболее часто при расчётах рассматриваются три основных вида развития пожара:

- 1) круговое распространение пожара по твёрдой горючей нагрузке;
- 2) линейное распространение пожара по твёрдой горючей нагрузке;
- 3) неустановившееся горение горючей жидкости.

Для этих случаев определяется скорость выгорания.

Критическое время по каждому из опасных факторов пожара определяется как время достижения этим фактором предельно допустимого значения на путях эвакуации на высоте 1,7 м от пола.

Предельно допустимые значения по каждому из опасных факторов пожара составляют:

- по повышенной температуре – 70 °С;

тепловому потоку – 1400 Вт/м^{-5} ;
 потере видимости – 20 м ;
 пониженному содержанию кислорода – $0,226 \text{ кг/м}^3$;
 каждому из токсичных газообразных продуктов горения:
 - CO_2 – $0,11 \text{ кг/м}^3$;
 - CO – $1,16 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$;
 - HCL – $23 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Для помещений с соизмеримыми горизонтальными размерами критическое время определяется как максимальное из критических времён для эвакуационных выходов из данного помещения (время блокирования последнего выхода).

Время блокировки определяется

$$t_{\text{бл}} = \min [t_{\text{кр}}^{n.s}, t_{\text{кр}}^T, t_{\text{кр}}^{m.z}, t_{\text{кр}}^{O_2}, t_{\text{кр}}^{m.n}]. \quad (4.27)$$

Для описания термогазодинамических параметров пожара применяются три основных группы детерминистических моделей: интегральные, зонные (зональные) и полевые.

Для одиночного помещения высотой не более 6 м , удовлетворяющего условиям применения интегральной модели, при отсутствии систем противопожарной защиты, влияющих на развитие пожара, допускается определять критические времена по каждому из опасных факторов пожара с помощью аналитических соотношений:

1) по повышенной температуре

$$t_{\text{кр}}^T = \left(\frac{B}{A} \ln \left[1 + \frac{70 - t_o}{(273 + t_o) z} \right] \right)^{1/n}, \quad (4.28)$$

2) по потере видимости

$$t_{\text{кр}}^{n.s} = \left(\frac{B}{A} \ln \frac{1}{1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{np} \cdot B \cdot D_m \cdot z}} \right)^{1/n}, \quad (4.29)$$

3) по пониженному содержанию кислорода

$$t_{\text{кр}}^{O_2} = \left(\frac{B}{A} \ln \frac{1}{1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) z}} \right)^{1/n}, \quad (4.30)$$

4) по каждому из газообразных токсичных продуктов горения

$$t_{\text{кр}}^{m.z} = \left(\frac{B}{A} \ln \frac{1}{1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z}} \right)^{1/n}, \quad (4.31)$$

где $B = \frac{353 \cdot c_p \cdot V}{(1 - \phi) \eta \cdot Q_H}$ – размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объёма помещения, кг;

t_0 – начальная температура воздуха в помещении, °С;
 n – показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени;
 A – размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара, кг/сⁿ;
 Z – безразмерный параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения;
 Q_n – низшая теплота сгорания материала, МДж/кг;
 C_p – удельная изобарная теплоемкость газа, МДж/кг;
 φ – коэффициент теплопотерь (принимается по данным справочной литературы, при отсутствии данных может быть принят равным 0,3);
 η – коэффициент полноты горения;
 V – свободный объем помещения, м³;
 a – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;
 E – начальная освещенность, лк;
 I_{np} – предельная дальность видимости в дыму, м;
 D_m – дымообразующая способность горящего материала, Нп·м²/кг;
 L – удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, кг/кг;
 X – предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, кг/м³
($X_{CO_2} = 0,11$ кг/м³; $X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м³; $X_{HCL} = 23 \cdot 10^{-6}$ кг/м³);
 L_{O_2} – удельный расход кислорода, кг/кг.

Параметр z вычисляют по формуле

$$z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) \text{ при } H \leq 6 \text{ м,} \quad (4.32)$$

где h – высота рабочей зоны, м;

H – высота помещения, м.

Если под знаком логарифма получается отрицательное число, то данный опасный фактор пожара не представляет опасности.

Определяется высота рабочей зоны:

$$h = h_{nl} + 1,7 - 0,5\delta. \quad (4.33)$$

где h_{nl} – высота площадки, на которой находятся люди, над полом помещения, м;

δ – разность высот пола, равная нулю при горизонтальном его расположении, м.

Следует иметь в виду, что наибольшей опасности при пожаре подвергаются люди, находящиеся на более высокой отметке. Поэтому, например, при определении необходимого времени эвакуации людей из партера зрительного зала с наклонным полом значение h следует находить, ориентируясь на наиболее высоко расположенные ряды кресел.

Параметры A и n вычисляют так:

- для случая горения жидкости с установившейся скоростью

$$A = \psi_{y\partial} \cdot F, n=1, \quad (4.34)$$

где $\psi_{y\partial}$ – удельная массовая скорость выгорания жидкости, кг/(м²·с);

- для кругового распространения пожара

$$A = 1,05\psi_{y\partial} \cdot V^2, n=3, \quad (4.35)$$

где V – линейная скорость распространения пламени, м/с;

- для вертикальной или горизонтальной поверхности горения в виде прямоугольника, одна из сторон которого увеличивается в двух направлениях за счёт распространения пламени (например, распространение огня в горизонтальном направлении по занавесу после охвата его пламенем по всей высоте)

$$A = \psi_{y\partial} \cdot V \cdot b, n=2, \quad (4.36)$$

где b – перпендикулярный к направлению движения пламени размер зоны горения, м.

При отсутствии специальных требований значения α и E принимаются равными 0,3 и 50 лк соответственно, а значение $I_{np} = 20$ м.

4.7 Устройство предохранительных конструкций

Легкосбрасываемые конструкции по характеру работы при горении взрывоопасных смесей подразделяются на две группы:

1) относятся конструкции, имеющие сравнительно небольшую массу и разрушающиеся практически мгновенно.

В этом случае считается, что с момента вскрытия ЛСК истечение газа из объёма помещения происходит через полностью открытые проёмы, а избыточное давление в помещении не превышает допустимого;

2) относятся конструкции, при вскрытии которых нельзя пренебрегать силами инерции. Для них характерно медленное вскрытие проёмов в ограждающих конструкциях. В данном случае могут возникнуть ситуации, когда $P_{изб} > P_{дон}$, значит, задача сводится к обеспечению условий вскрытия ЛСК до момента достижения $P_{дон}$. К таким конструкциям относятся плиты покрытий и некоторые стеновые элементы.

4.8 Подбор вентилятора системы дымоудаления из поэтажного коридора жилого здания повышенной этажности

Необходимость удаления дыма из коридора горящего этажа возникает в начальной стадии пожара, когда заполнение оконных проёмов в горящем помещении еще не разрушено и созданием подпора воздуха предотвратить задымление лестничных клеток и шахт лифтов невозможно. Количество продуктов горения, которое необходимо удалять из горящего этажа зависит от конкретной схемы газообмена.

Согласно МДС 41-1.99 (к СНиП 41-01-2003) «Рекомендации по противодымной защите при пожаре»:

- удаление дыма при пожаре осуществляется из коридоров жилых, общественных, административно-бытовых, производственных зданий высотой более 26,5 м.

- из коридоров длиной более 15 м, не имеющих естественного освещения световыми проемами в наружных ограждениях, производственных зданий категорий А, Б, В с числом этажей 2 и более.

Требования не распространяются на коридор, если для всех помещений, имеющих двери в этот коридор, проектируется непосредственное удаление дыма.

Удаление дыма из коридоров следует проектировать системами с искусственным побуждением. К одной системе допускается присоединять не более 2 дымовых шахт. Дымовые клапаны следует размещать на дымовых шахтах под потолком коридора.

- допускается присоединять дымовые клапаны к шахтам на ответвлениях, принимая не более 2 ответвлений от каждой шахты на этаже.

- радиус действия дымового клапана – 15 м, в одну из сторон допускается принимать 20 м длина коридора, обслуживаемого одним дымоприёмным устройством, принимается не более 30 м.

Количество дыма, кг/с, удаляемого из коридоров через дымовые клапаны, следует рассчитывать по формулам:

- для жилых зданий:

$$G_{\partial} = 0,95BH^{1,5}, \quad (4.37)$$

- для общественных, административно-бытовых, производственных зданий:

$$G_{\partial} = 1,2BH^{1,5}K_{\partial}, \quad (4.38)$$

где B – ширина большей створки двери при выходе из коридора или холла на лестничную клетку или наружу, м;

H – высота двери, м; при $H < 2$ м принимается $H = 2$ м, при $H > 2,5$ м принимается $H = 2,5$ м;

K_{∂} – коэффициент относительной полноты и продолжительности открывания дверей из коридора на лестничную клетку или наружу; при эвакуации 25 чел. и более через одну дверь принимается равным 1, при эвакуации менее 25 чел. – 0,8.

Потери давления в открытом дымовом клапане, рассчитываются по формуле

$$P_1 = \frac{(\xi_1 + \xi_2) V_p^2}{2\rho}, \quad (4.39)$$

где ξ_1 – коэффициент сопротивления входа в дымовой клапан и в шахту, с коленом 900 принимается равным 2,2, с коленом 450 – 1,32;

ξ_2 – коэффициент сопротивления в месте присоединения клапана к шахте или ответвления от неё, принимается по [21];

V_p – массовая скорость дыма в проходном сечении (F) клапана, кг/с·м

$$V_p = \frac{G_d}{F}, \quad (4.40)$$

где ρ – плотность дыма, при температуре 300 °С принимается 0,61 кг/м³.

Массовую скорость дыма в проходном сечении клапана рекомендуется принимать от 7 до 10 кг/см³.

Потери давления на трение и местные сопротивления, Па, определяются по формуле

$$P_2 = \frac{K_{тр} R_{тр} K_c L + \xi V_p^2}{2\rho}, \quad (4.41)$$

где $K_{тр}$ – коэффициент, учитывающий содержание в дыме твердых частиц, принимаемый $K_{тр} = 1,1$, если величина потерь давления на трение $K_{тр}$ дана в кгс/м⁻⁵, то при расчётах в Па принимается $K_{тр} = 10,8$;

$R_{тр}$ – потери давления на трение, кг/м², по справочнику проектировщика для эквивалентного диаметра участка воздуховода или шахты, соответствующие величине скоростного давления или массовой скорости дыма или газов на этом участке воздуховода или шахты, допускается принимать по таблице 13;

K_c – коэффициент для шахт и воздухопроводов: из бетона – 1,7, из кирпича – 2,1, для шахт со стенками, оштукатуренными по стальной сетке – 2,7, для стальных воздухопроводов – 1,0, для других материалов коэффициент определяется по таблице 22.11, 22.12 справочника проектировщика [23];

L – длина шахты или воздуховода, м, включая длину колен, отводов, тройников и др.;

V_p – массовая скорость дыма в воздуховодах и шахтах, кг/с м²;

ρ – плотность дыма, кг/м³.

Таблица 13 – Потери давления на трение

Скоростное давление в воздуховоде или шахте, Па	Потери давления на трение $R_{тр}$, кгс/м, на 1 м в поперечным сечением, м ²			
	0,25	0,35	0,5	0,7
30	0,10	0,09	0,06	0,06
40	0,13	0,11	0,08	0,07
50	0,16	0,14	0,10	0,09
60	0,19	0,17	0,12	0,11
70	0,22	0,19	0,17	0,12
80	0,25	0,22	0,16	0,14
90	0,28	0,24	0,18	0,16
100	0,31	0,27	0,20	0,17
110	0,34	0,29	0,22	0,19
120	0,37	0,32	0,24	0,20
130	0,39	0,34	0,26	0,21

140	0,42	0,37	0,27	0,22
150	0,45	0,39	0,29	0,25

Продолжение таблицы 13

160	0,48	0,41	0,31	0,26
170	0,51	0,45	0,33	0,28
180	0,54	0,47	0,35	0,30
190	0,57	0,49	0,37	0,31
200	0,62	0,54	0,40	0,33

Расход воздуха, подсасываемого через неплотности закрытого дымового клапана, кг/с, на втором участке определяется по формуле

$$G_{к1} = 0,0112(AP)^{0,5}, \quad (4.42)$$

где A – площадь проходного сечения клапана, м²;

P – потери давления при проходе воздуха через неплотности притворов закрытого клапана, Па, принимаются по расчету сопротивления первого участка системы, $P=P_1+P_2$.

Количество дыма в устье дымовой шахты с учетом подсоса воздуха через неплотности закрытых клапанов со 2-го по верхний этаж здания, кг/с, определяется по формуле

$$G_{y1} = G_{\partial} + G_{к1}(N-1), \quad (4.43)$$

где G_{∂} , $G_{к1}$ – количество дыма по формуле (4.37) или (4.38) и расход воздуха через закрытый клапан по формуле (4.42);

N – число этажей в здании, в которых предусматривается удаление дыма.

Потери давления в дымовой шахте, Па, при расходе газов в устье шахты G , кг/с, определяем при среднем скоростном давлении в шахте по формуле:

$$P_{y1} = 10,8R_{mp}K_cH_3(N-1)+0,1(N-1)h_{\partial,ср}+P_1+P_2, \quad (4.44)$$

где R_{mp} – потери давления на трение, кгс/м²;

K_c – коэффициент для шахт и воздухопроводов;

H_3 – высота этажа здания, м;

N – число этажей в здании;

$h_{\partial,ср}$ – среднее скоростное давление, Па, $h_{\partial,ср}=(h_{\partial1}+h_{\partial y})0,5$:

$$\text{на первом участке} - h_{\partial1} = \frac{\left(\frac{G_{\partial}}{F_{ш}}\right)^2}{2 \cdot 0,61};$$

$$\text{в устье шахты} - h_{\partial y} = \frac{\left(\frac{G_{y1}}{F_{ш}}\right)^2}{2\rho_y},$$

$$\rho_y = G_{y1} \left(\frac{G_{\partial}}{0,61} + \frac{G_{y1} - G_{\partial}}{1,2} \right),$$

P_1 – по формуле (4.39);

P_2 – потери давления на первом участке, Па.

Массовую скорость газов в устье шахты рекомендуется принимать не более $15 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$.

Расход воздуха, $\text{кг}/\text{с}$, подсасываемого через закрытый дымовой клапан на верхнем этаже здания при давлении газов в устье шахты P_{y1} , Па, определяется по формуле

$$G_{\kappa 2} = 0,0112(AP_{y1})^{0,5}, \quad (4.45)$$

где A – площадь проходного сечения клапана, м^2 ;

P_{y1} – потери давления в дымовой шахте, Па.

Поступление воздуха в дымовую шахту через закрытые дымовые клапаны и дыма через открытый клапан на 1-м этаже, $\text{кг}/\text{с}$, определяется по формуле

$$G_{y2} = (G_{\kappa 1} + G_{\kappa 2})0,5(N-1) + G_{\partial}. \quad (4.46)$$

Соппротивление участка воздуховода от дымовой шахты до вентилятора – $P_{вс}$, Па, рассчитывается по формуле (4.44), при расходе G_{y2} .

Потери давления системы на всасывание, Па, до вентилятора (отрицательное статистическое давление) определяется по формуле

$$P_{y2} = P_{y1} + P_{вс}. \quad (4.47)$$

Подсосы воздуха через неплотности воздухопроводов, $\text{кг}/\text{с}$, определяются при давлении P_{y2} и по таблице 13.

$$G_n = K(G_1\Pi_1L_1) + G_2\Pi_2L_2, \quad (4.48)$$

где G_1, G_2 – удельный расход воздуха $G_{y\partial} \cdot 10^3 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ на 1 м^2 внутренней поверхности воздуховода (таблица 14),

$$G_1 = G_2 = G_{y\partial},$$

Π_1, Π_2 – периметры участков отсасывающей сети воздухопроводов по внутреннему сечению, м;

L_1, L_2 – длина участков сети воздухопроводов, м;

K – коэффициент для прямоугольных воздухопроводов, $K = 1,1$.

Таблица 14 – удельный расход воздуха на 1 м^2 внутренней поверхности воздуховода $G_{y\partial} \cdot 10^3 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$

Класс воздуховода	Отрицательное статистическое давление в месте присоединения воздуховода к вентилятору, Па										
	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
П	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0
Н	1,2	1,9	2,5	3,1	3,6	4,0	4,5	4,8	5,4	5,7	6,0

Общий расход газов до вентилятора, $\text{кг}/\text{с}$

$$G_{сум} = G_{y2} + G_n. \quad (4.49)$$

Потери давления в сети до вентилятора, с учётом подсасываемого воздуха через неплотности воздухопроводов определяются по формуле

$$P_{\partial} = P_{y2} \left(1 + \left(\frac{G_{сум}}{G_{y1}} \right)^2 \right) 0,5. \quad (4.50)$$

Плотность смеси воздуха и газов перед вентилятором, рассчитывается по формуле

$$\rho_{\text{сум}} = \frac{G_{\text{сум}}}{\frac{G_{\text{д}}}{0,6} + \frac{G_{\text{сум}} - G_{\text{д}}}{1,2}}. \quad (4.51)$$

а при температуре смеси газов

$$T = \frac{353 - 273\rho_{\text{сум}}}{\rho_{\text{сум}}}.$$

Рекомендуется применять вентилятор с положением кожуха 2700 и отдельно стоящую выхлопную трубу. При наличии избыточного давления вентилятора против требуемого по расчёту рекомендуется установка конфузора на выхлопной трубе. Из поддона выхлопной трубы предусматривается отвод конденсирующейся влаги, и влаги, попадающей при дождях. Зонт над выхлопной трубой не устанавливается.

Потери давления в выхлопной трубе $P_{\text{вых}}$ рассчитываются по формуле 4.41 и суммируются с потерями на всасывании для определения общих потерь давления в сети

$$P_{\text{сум}} = P_{\text{в}} + P_{\text{вых}}. \quad (4.52)$$

Определяется естественное давление газов при общей высоте шахты $P_{\text{е}}$ и выхлопной трубы $P_{\text{вых}}$

$$P_{\text{е}} = H_{\text{н}}(\gamma_{\text{н}} - (\rho_{\text{сум}} + \rho_{\text{д}}) \cdot 4,95) + H_{\text{вых}}(\gamma_{\text{н}} - \rho_{\text{сум}} \cdot 9,81), \quad (4.53)$$

где $\rho_{\text{д}}$ – плотность дымовых газов, при удалении из коридоров, $\rho_{\text{д}} = 0,61 \text{ кг/м}^3$;

$\rho_{\text{сум}}$ – плотность дымовых газов, удаляемых из здания, кг/м^3 ;

$\gamma_{\text{н}}$ – удельный вес наружного воздуха в тёплый период года по параметрам Б, Н/м^3 , рассчитывается по формуле

$$\gamma_{\text{у}} = \frac{3463}{273 + t_{\text{н}}}, \quad (4.54)$$

где $t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха.

Потери давления в сети дымоудаления с учётом естественного давления газов, определяются по формуле

$$P_{\text{вен}} = P_{\text{сум}} + P_{\text{е}}. \quad (4.55)$$

Вентилятор для удаления газов выбирается по условным потерям давления $P_{\text{ус}}$, приведённым к плотности стандартного воздуха, и по суммарному расходу дымовых газов $L_{\text{е}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$, на выходе из вентилятора. $P_{\text{ус}}$ и $L_{\text{е}}$ определяются по формулам

$$P_{\text{ус}} = \frac{1,2P_{\text{вен}}}{\rho_{\text{сум}}}, \quad (4.56)$$

$$L_{\text{е}} = \frac{3600G_{\text{ссу}}}{\rho_{\text{сум}}}. \quad (4.57)$$

По окончании расчёта следует уточнить требуемое давление вентилятора для удаления дыма при возникновении пожара в верхнем этаже здания без учёта естественного давления.

Для производственных, общественных и административно-бытовых зданий дымовые шахты и воздуховоды следует, как правило, выполнять класса «П» (плотные) из стальных листов на сварке сплошным швом, дымовые шахты допускается выполнять из строительных материалов, плотность их должна быть не ниже класса «Н» (нормальные) по СНиП 41-01-2003.

Для удаления дыма следует предусматривать установку радиальных вентиляторов, включая радиальные крышечные вентиляторы. Выброс дыма в атмосферу необходимо выполнять через трубы без зонтов на высоте не менее 2 м от кровли из горючих и трудногорючих материалов. Допускается выброс дыма на меньшей высоте с защитой кровли негорючими материалами на расстоянии не менее 2 м от края выбросного отверстия. Перед вентилятором, как правило, следует предусматривать установку обратных клапанов. Вентиляторы систем вытяжной противодымной вентиляции следует размещать в отдельных помещениях от других систем. Ограждающие конструкции помещения должны иметь противопожарные перегородки с пределом огнестойкости 50 мин. Допускается размещение вентиляторов вытяжных противодымных систем на кровле и снаружи здания, кроме районов с расчётной температурой наружного воздуха минус 40 °С и ниже (параметры Б). Вентиляторы, установленные снаружи, должны быть защищены сетчатым ограждением.

4.9 Расчёт размеров взрывоопасных зон внутри производственных помещений

Размеры взрывоопасной зоны в помещении зависят от относительного объёма взрывоопасной смеси. Методика расчёта относительного объёма взрывоопасной смеси основана на уравнениях, приведённых в НПБ 105-03.

4.9.1 Расчёт свободного объёма помещения

Свободный объём помещения УСВ определяется в зависимости от геометрических размеров помещения и объёма технологического оборудования. Если свободный объём помещения определить невозможно, то его допускается принимать условно равным 80 % геометрического объёма помещения [п. 9, 24].

Расчёт массы ЛВЖ, поступившей в помещение в результате аварии.

Масса ЛВЖ m_n складывается из двух компонентов

$$m_n = m_a + m_k, \quad (4.58)$$

где m_a – масса жидкости, выходящей при аварии из аппарата и трубопроводов, кг;

m_k – масса жидкости, поступившей в помещение до закрытия задвижки, кг

$$m_a = (V_a \cdot E_a + 7,85 \cdot 10^{-7} (l_n \cdot d_n^2 + l_o \cdot d_o^2)) \cdot \rho_{жс}, \quad (4.59)$$

где V_a – объём аппарата, м³;

E_a – степень заполнения аппарата жидкостью;

l_n, d_n – длина (м) и диаметр (мм) подводящего трубопровода;

l_o, d_o – длина (м) и диаметр (мм) отводящего трубопровода;

$\rho_{жс}$ – плотность жидкости, кг/м³,

$$m_k = q \cdot \tau_3 \cdot \rho_{жк}, \quad (4.60)$$

где q – производительность насоса, м³/с;

τ_3 – время закрытия задвижки, с.

Нормативное время ручного закрытия задвижки составляет 300 с [п. 7, 24].

В случае, если какие-либо аппараты отсутствуют, а длина трубопроводов проектируется минимальной, то можно принять равной нулю (например, для насосных станций по перекачке ЛВЖ).

3. Расчёт массы паров ЛВЖ, испарившейся с поверхности разлива. Масса паров ЛВЖ, испарившихся с поверхности разлива в результате расчётной аварии в помещении рассчитывается по формуле [п. 14, 24]

$$m_u = W \cdot F_u \cdot \tau_u, \quad (4.61)$$

где W – интенсивность испарения, кг/с·м²;

F_u – площадь испарения, м²;

τ_u – время испарения ЛВЖ, с.

Интенсивность испарения W определяется по справочным и экспериментальным данным. Для не нагретых выше температуры окружающей среды ЛВЖ при отсутствии данных допускается рассчитывать W по формуле [п. 16, 24]

$$W = \frac{\eta P_n \sqrt{M}}{10^6}, \quad (4.62)$$

где η – коэффициент, зависящий от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;

P_n – давление насыщенного пара при расчётной температуре t_p .

M – молярная масса, кг/моль;

Значение коэффициента η принимается по таблице 3 [24]. При этом скорость воздушного потока в помещении u , м/с, можно определить по формуле

$$U = A_g \cdot l, \quad (4.63)$$

где A_g – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, 1/с;

l – длина помещения, м.

В случае упрощения расчётов допускается принимать $\eta=1$.

Давление насыщенного пара при расчётной температуре рассчитывается по уравнению Антуана

$$P_n = 10^{\frac{A \cdot B}{C_A + t_p}}, \quad (4.64)$$

где A, B, C_A – константы Антуана согласно справочника [10, 11];

t_p – расчётная температура жидкости, °С.

Площадь испарения F_u согласно [24], определяется в зависимости от массы ЛВЖ m_n , поступившей в помещение в результате аварии. При этом исходят из того, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70 % и менее (по массе) раство-

рителей, разливается на площадь $0,5 \text{ м}^2$, а остальных жидкостей – на 1 м^2 пола помещения.

Расчёт площади разлива ЛВЖ производится по формуле

$$S_p = f \frac{m_n}{\rho_{жс}}, \quad (4.65)$$

где f – коэффициент растекаемости, который выбирается в зависимости от процентного содержания растворителя в растворе по правилу: если содержание растворителя больше 70 %, то $f = 1000$, если меньше или равно 70 %, то $f = 500$.

Таким образом, площадь испарения равна площади помещения $F_u = S$, если $S_p \geq S$ и равна площади разлива $F_u = S_p$, если $S_p < S$.

Время испарения ЛВЖ τ_u принимается согласно [24] равным времени её полного испарения, но не более 3600 с. Время полного испарения ЛВЖ рассчитывается по формуле

$$\tau_n = \frac{m_n}{WF_u}. \quad (4.66)$$

Если в помещении работает вентиляция, то при расчете величины испарившейся жидкости значение массы ти необходимо разделить на коэффициент K , определяемый по формуле [24]

$$K = A_g \cdot T + 1, \quad (4.67)$$

где A_g – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, 1/с;

T – продолжительность поступления паров ЛВЖ в объём помещения, с (согласно [24] принимается равным времени испарения).

Тогда, с учётом работы вентиляции, масса паров ЛВЖ, испарившихся с поверхности разлива в результате расчётной аварии в помещении

$$m_u^* = \frac{m_u}{K}. \quad (4.68)$$

4. Определение расчётного объёма взрывоопасной смеси

Расчётный объём взрывоопасной смеси, в котором поступившее в помещение вещество может образовать взрывоопасную концентрацию на нижнем пределе воспламенения, определяется по формуле

$$V_{расч.в.с} = 1,5 \frac{m}{\phi_n}, \quad (4.69)$$

где 1,5 – коэффициент запаса;

m – масса поступивших в помещение веществ в результате возможной аварии, г, можно принять $m = m_u^*$);

ϕ_n – нижний концентрационный предел воспламенения, г/м³.

Если в исходных данных нижний концентрационный предел воспламенения ϕ_n приведён в (%), то перевод его размерности в (г/м³) необходимо выполнить по формуле

$$\phi_H = \frac{10M\phi_H(\%)}{V_o}, \quad (4.70)$$

где M – молярная масса, кг/моль;

V_o – мольный объём, $V_o = 22,413 \text{ м}^3/\text{кмоль}$.

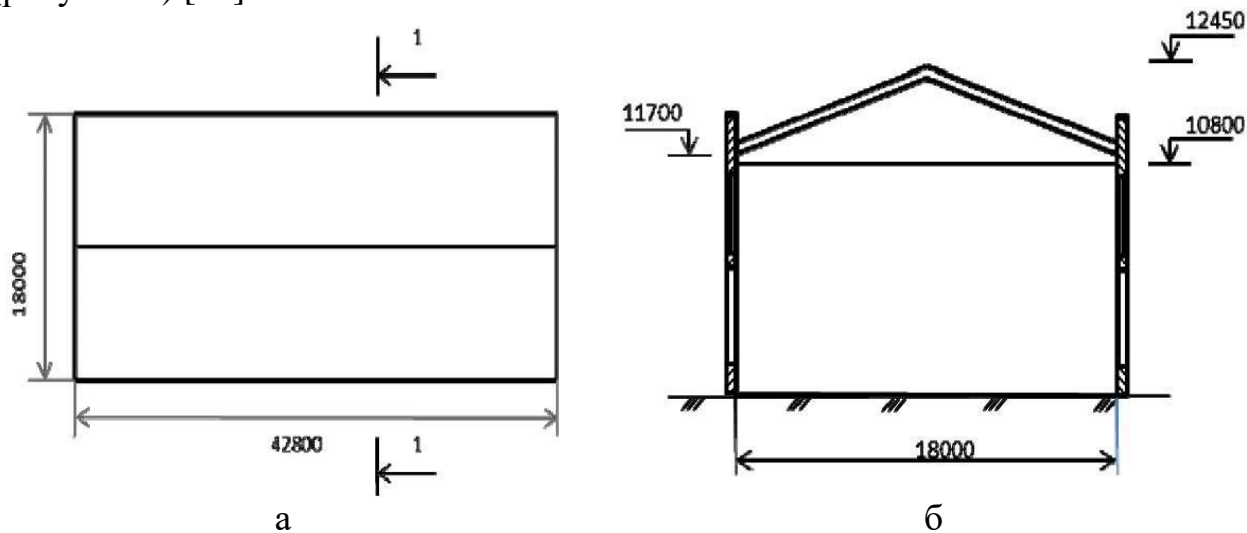
5. Расчёт относительного объёма взрывоопасной смеси

$$B = \frac{V_{расч.в.с}}{V_{св}} 100. \quad (4.71)$$

Согласно п. 7.3.39 [25], взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, из которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ, если объём взрывоопасной смеси равен или менее 5 % свободного объёма помещения. Если объём взрывоопасной смеси превышает 5 % свободного объёма помещения, то взрывоопасная зона занимает весь объём помещения.

5 РАСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Расчёт легкобрасываемых конструкций при образовании в производственном помещении газоздушной взрывоопасной смеси. Взрывоопасное производственное здание состоит из одного помещения (рисунок 4) [26].



а – план; б – разрез (1-1 на рисунок 1а)

Рисунок 4 – Производственное здание (размеры указаны в мм)

Длина a_n и ширина b_n помещения составляют соответственно 42,8 и 18,0 м. Согласно разрезу помещения (1-1 на рисунке 4а) расчётная высота помещения $h_n = 12,075$ м.

Геометрический объём помещения $V_{ном}$ определяется по формуле

$$V_{ном} = a_n \cdot b_n \cdot h_n, \quad (5.1)$$

$$V_{ном} = 42,8 \cdot 18 \cdot 12,075 = 9302,58 \text{ м}^3.$$

Значение показателя интенсификации взрывного горения α определяется по таблице 15 в зависимости от степени загроможденности помещения строительными конструкциями и оборудованием Θ_3 и объёма помещения V , в котором происходит горение взрывоопасной смеси.

Таблица 15 – Показатель интенсификации взрывного горения

Степень загроможденности помещения	Объём помещения V , м ³							
	100		1000		10 000		100 000 и более	
	вид конструкций и оборудования							
строительными конструкциями и оборудованием Θ_3 , %	малогабаритные	крупногабаритные	малогабаритные	крупногабаритные	малогабаритные	крупногабаритные	малогабаритные	крупногабаритные
< 3	4	4	5	5	6	6	7	7
6	5	4	7	5	10	6	15	10
10	5	4	8	5	15	8	25	15
> 15	6	4	10	6	18	10	30	20

Примечания: 1. Малогабаритные строительные конструкции и оборудование – конструкции и оборудование (или отдельный элемент, рассматриваемый как самостоятельная преграда на пути распространения пламени) с линейными размерами, не превышающими 0,75 м по длине, ширине и высоте, или с относительно большой длиной (трубопровод, колонна, элементы стержневых систем и т. п.) и поперечным сечением не более 0,75х0,75 м; крупногабаритные строительные конструкции и оборудование – конструкции и оборудование, линейные размеры которых по длине, ширине и высоте превышают 1,5 м.

2. Если Θ_3 определить невозможно, допускается принимать, что строительные конструкции и оборудование занимают 20 % геометрического объема помещения $V_{ном}$.

3. Для промежуточных значений V и Θ_3 , а также при наличии в помещении как малогабаритных, так и крупногабаритных строительных конструкций и оборудования значение «а» определяется линейной интерполяцией. Если V менее 100 м³, значение «а» определяется линейной интерполяцией, при этом условно принимается, что при $V = 0$ и $\alpha = 2$. Для строительных конструкций и оборудования, которые находятся между мало- и крупногабаритными, значение, а также определяется линейной интерполяцией.

4. В случае отсутствия данных по процентному соотношению между крупногабаритными и малогабаритными строительными конструкциями и оборудованием допускается принимать, что доля объема, занимаемого крупногабаритными конструкциями и оборудованием, составляет $0,6\Theta_3$, а малогабаритными – $0,4\Theta_3$.

5. Данные таблицы используются для расчета водородовоздушных смесей, а также других видов взрывоопасных смесей (за исключением указанных ниже пылевоздушных смесей) с $U_{н.р} < 0,5$ м/с. Для взрывоопасных смесей с $U_{н.р} > 0,5$ м/с (за исключением водородовоздушных смесей и указанных ниже пылевоздушных горючих смесей) в качестве расчетных принимаются табличные значения а, увеличенные в 1,3 раза. Для пылевоздушных смесей, в состав которых входят крахмал, мука, зерновая пыль и им подобные горючие вещества, в качестве расчетных следует принимать табличные значения, а, уменьшенные в 2 раза.

Согласно примечаний 2 и 4 к таблице 15 принимается, что строительные конструкции и оборудование занимают 20 % геометрического объема помещения, причём 60 % занимают крупногабаритные строительные конструкции и оборудование, а 40 % – малогабаритные.

Свободный объём взрывоопасного помещения $V_{св}$ определяется по формуле

$$V_{св} = V_{ном}(1 - 0,01\Theta_3), \quad (5.2)$$

где $V_{ном}$ – геометрический объём помещения, м³;

Θ_3 – степень загромождённости помещения строительными конструкциями и оборудованием, %

$$\Theta_3 = 100 \frac{V_{обор}}{V_{ном}}, \quad (5.3)$$

где $V_{обор}$ – объём оборудования в помещении, м³.

Свободный объём помещения рассчитывается по формуле (5.2)

$$V_{св} = 9302,58 (1 - 0,01 \cdot 20) = 7442,064 \text{ м}^3.$$

В помещении в аварийной ситуации может образовываться метановоздушная горючая смесь. Давление и температура в помещении до воспламенения горючей смеси принимаются равными $P_o = 101,3$ кПа, $t_o = 20$ °С.

Коэффициент степени заполнения объёма помещения горючей смесью и участия её во взрыве $\mu_v = 1$.

Характеристики горючей смеси принимаются по данным таблицы приложение 2 [26]:

$\rho_{max} = 1,13 \text{ кг/м}^3$; $\varepsilon_{pmax} = 7,6$; $\varepsilon_{сmax} = 9,1$; $U_{нmax} = 0,28 \text{ м/с}$; $\rho_{НКПР} = 1,15 \text{ кг/м}^3$; $\varepsilon_{pНКПР} = 5,0$; $\varepsilon_{сНКПР} = 6,0$.

Расчётные характеристики ГС вычисляются по соответствующим формулам.

Для пылевоздушных смесей $U_{нmax}$ рассчитывается по формуле

$$U_{нmax} = \frac{\left(\frac{dP}{dt}\right)_{max} \cdot r_{\text{э}}}{1200P_{max}}, \quad (5.4)$$

где $\left(\frac{dP}{dt}\right)_{max}$ – максимальная скорость нарастания давления при взрыве, кПа/с;

$r_{\text{э}}$ – эквивалентный радиус помещения, м;

P_{max} – максимальное давление взрыва пылевоздушной смеси, кПа.

Расчётная нормальная скорость распространения пламени определяется по формуле (5.4)

$$U_{н.p} = 0,55 \cdot 0,28 = 0,154 \text{ м/с}.$$

Расчётная плотность газа в помещении перед воспламенением ρ_0 вычисляется по формуле

$$\rho_0 = \frac{0,5367 \mu_v^* (v_{нкпр} + \rho_{max})}{1 + 0,00367 t_0} + (1 - \mu_v^*) \frac{1,294}{1 + 0,00367 t_0}, \quad (5.5)$$

где μ_v^* – коэффициент степени заполнения объёма помещения взрывоопасной смесью;

$\rho_{нкпр}$ – плотность горючей среды при концентрации горючего, соответствующей НКПР, кг/м^3 ;

ρ_{max} – плотность горючей среды при концентрации горючего, соответствующей $U_{нmax}$, кг/м^3 ;

t_0 – максимальная температура воздуха в помещении перед воспламенением, $^{\circ}\text{C}$

$$\mu_v^* = \frac{\mu_v}{Z}. \quad (5.6)$$

Если определяемое по формуле (5.6) значение $\mu_v^* > 1$, следует принимать равным 1.

При отсутствии справочных данных расчетную плотность газа в помещении перед воспламенением ρ_0 допускается определять по формуле

$$\rho_0 = \frac{0,036 \mu_v^* + 1,294}{1 + 0,00367 t_0}. \quad (5.7)$$

Расчётная плотность газа в помещении перед воспламенением смеси определяется по формуле (5.5)

$$\rho_0 = \frac{0,5367 \cdot 1(1,15 + 1,13)}{1 + 0,00367 \cdot 20} = 1,14 \text{ кг/м}^3.$$

Расчётная степень сжатия продуктов горения при взрыве в замкнутом объёме вычисляется по формуле

$$\varepsilon_c = 0,5(\varepsilon_{c\text{НКПР}} + \varepsilon_{c\text{max}}), \quad (5.8)$$

где $\varepsilon_{c\text{НКПР}}$ – степень сжатия продуктов горения при взрыве в замкнутом объёме с концентрацией горючего, соответствующей НКПР;

$\varepsilon_{c\text{max}}$ – степень сжатия продуктов горения при взрыве в замкнутом объёме с концентрацией горючего, соответствующей $U_{\text{нmax}}$.

Если определяемое по формуле (5.8) значение ε_c менее 6, то его следует принимать равным 6.

При отсутствии справочных данных допускается принимать $\varepsilon_c = 8$.

Расчётная степень сжатия продуктов горения при взрыве в замкнутом объёме определяется по формуле (5.8)

$$\varepsilon_c = 0,5(6,0 + 9,1) = 7,55.$$

Значение показателя интенсификации взрывного горения α определяется по таблице 15 в зависимости от степени загроможденности помещения строительными конструкциями и оборудованием Θ_3 и объёма помещения V , в котором происходит горение взрывоопасной смеси.

Значения V определяются, исходя из условий:

$$V = V_{\text{ном}} \text{ при } V_{\text{пл}} \geq V_{\text{ном}}, \quad (5.9)$$

$$V = V_{\text{пл}} \text{ при } V_{\text{пл}} < V_{\text{ном}}, \quad (5.10)$$

$$V_{\text{пл}} = 0,5\mu_v V_{\text{ном}} (\varepsilon_{\text{рнкпр}} + \varepsilon_{\text{rmax}}), \quad (5.11)$$

или

$$V_{\text{пл}} = 6,53\mu_v V_{\text{ном}}, \quad (5.12)$$

где $V_{\text{пл}}$ – объём пламени, м^3 ;

Объём помещения V , в котором происходит горение взрывоопасной смеси, определяется из условий (5.9-5.11)

$$V = V_{\text{ном}} = 9302,58 \text{ м}^3,$$

$$V_{\text{пл}} = 0,5 \cdot 1 \cdot 9302,58 \cdot (5,0 + 7,6) = 58\ 606,25 \text{ м}^3.$$

Показатель интенсификации взрывного горения α определяется линейной интерполяцией по таблице 15 в зависимости от степени загроможденности помещения строительными конструкциями и оборудованием Θ_3 и объёма V , в котором происходит горение взрывоопасной смеси:

- для малогабаритных строительных конструкций и оборудования при $\Theta_3 = 20\%$

$$\alpha = 10 + \frac{(18 - 10)(9302,58 - 1000)}{10000 - 1000} = 17,38;$$

- для крупногабаритных строительных конструкций и оборудования при $\Theta_3=20\%$

$$\alpha = 6 + \frac{(10 - 6)(9302,58 - 1000)}{10000 - 1000} = 9,69;$$

- для 60 % крупногабаритных и 40 % малогабаритных строительных конструкций и оборудования

$$A = 0,6 \cdot 9,69 + 0,4 \cdot 17,38 = 12,77.$$

Допустимое избыточное давление в помещении $\Delta P_{\text{доп}}$ принимается равным 5 кПа.

Коэффициент степени заполнения объёма помещения взрывоопасной смесью рассчитывается по формуле

$$\mu_v = \frac{2000mZ}{V_{св}(C_{\text{нкпр}} + C_{\text{max}})}, \quad (5.13)$$

где m – масса горючего газа или паров жидкости, поступающих в помещение в аварийных ситуациях, или количество пыли, которое может образовать взрывоопасную смесь, кг, определяется по СП 12.13130.2009;

Z – коэффициент участия горючего во взрыве, определяется также по СП 12.13130.2009;

$C_{\text{нкпр}}$ – массовая концентрация горючего в горючей среде, соответствующая НКПР, г/м³, определяется по приложениям 2 и 3 [26];

C_{max} – массовая концентрация горючего в горючей среде, соответствующая $U_{\text{нmax}}$, г/м³, определяется по приложениям 2 и 3 [26].

Если рассчитываемое по формуле (5.13) значение $\mu_v > 1$, то следует принимать $\mu_v = 1$.

Коэффициент β_μ , учитывающий степень заполнения объёма помещения взрывоопасной смесью, рассчитывается в зависимости от величины коэффициента по формулам

$$\beta_\mu = 0, \text{ если } \mu_v \leq \mu_1 = \frac{0,01\Delta P_{\text{доп}}}{\varepsilon_c - 1}, \quad (5.14)$$

$$\beta_\mu = 1, \text{ если } \mu_v \geq \mu_2 = \frac{1,3}{\varepsilon_c}, \quad (5.15)$$

$$\beta_\mu = \frac{\mu_v - \mu_1}{\mu_2 - \mu_1}, \text{ если } \mu_1 < \mu_v < \mu_2. \quad (5.16)$$

Коэффициент K_ϕ , учитывающий влияние формы помещения и эффект истечения продуктов горения взрывоопасной смеси, при $\mu_v > \mu_2$, определяется по формулам

$$K_\phi = \frac{0,5(b_n^2 + h_n^2)}{\sqrt[3]{V_{\text{ном}}^2}} \text{ если } h_n \leq a_n, \quad (5.17)$$

$$K_{\phi} = \frac{0,5(b_n^2 + a_n^2)}{\sqrt[3]{V_{ном}^2}} \text{ если } h_n > a_n, \quad (5.18)$$

где a_n , b_n и h_n – соответственно длина, ширина и высота помещения, м.

Если $\mu_v < 0,01$, следует принимать $K_{\phi} = 1$. Для $0,01 < \mu_v < \mu_2$ значение K_{ϕ} определяется линейной интерполяцией.

Если расчетное значение K_{ϕ} более 1 или менее 0,35, то следует принимать K_{ϕ} равным соответственно 1 или 0,35.

В соответствии с формулами (5.14-516) коэффициент $\beta_{\mu} = 1$.

Коэффициент, учитывающий влияние формы помещения и эффект истечения продуктов горения взрывоопасной ГС, определяется по формуле (5.17), так как $h_n = 12,075 \text{ м} < a_n = 42,8 \text{ м}$

$$K_{\phi} = \frac{0,5(18^2 + 12,075^2)}{\sqrt[3]{9302,58^2}} = 0,531.$$

Площадь $S_{откр.тр}$ определяется по формуле [26]

$$S_{откр.тр} = \frac{0,105 U_{н.р} \cdot \alpha (\varepsilon_c - 1) \cdot \beta_{\mu} \cdot K_{\phi} \cdot \sqrt[3]{V_{св}^2} \cdot \sqrt{\rho_o}}{\sqrt{\Delta P_{дон}}}, \quad (5.19)$$

где $U_{н.р}$ – расчётная нормальная скорость распространения пламени, м/с;

α – показатель интенсификации взрывного горения;

ε_c – расчётная степень сжатия продуктов горения при взрыве в замкнутом объёме;

β_{μ} – коэффициент, учитывающий степень заполнения объёма помещения взрывоопасной смесью;

K_{ϕ} – коэффициент, учитывающий влияние формы помещения и эффект истечения продуктов горения взрывоопасной смеси;

$V_{св}$ – свободный объём помещения, м³;

ρ_o – расчётная плотность газа в помещении перед воспламенением, кг/м³;

$\Delta P_{дон}$ – допустимое избыточное давление в помещении при горении взрывоопасной смеси, кПа.

Требуемая площадь открытых проёмов в наружном ограждении взрывоопасного помещения, при которой избыточное давление в нём при взрывном горении ГС не превысит $\Delta P_{дон}$, определяется по формуле (5.19)

$$S_{откр.тр} = \frac{0,105 \cdot 0,154 \cdot 12,77 \cdot (7,55 - 1) \cdot 0,531 \cdot \sqrt[3]{7442,064^2} \cdot \sqrt{1,14}}{\sqrt{5}} = 130,72 \text{ м}^2.$$

Расчётная видимая скорость распространения пламени определяется по формуле (5.4)

$$U_p = 0,5 \cdot 12,77 \cdot 0,154 \cdot (5,0 + 7,6) = 12,39 \text{ м/с}.$$

Поскольку $U_p < 65$ м/с, возможно эффективное использование ЛСК для снижения избыточного давления взрыва в помещении до принятой допустимой величины 5 кПа.

Возможные четыре варианта применения ЛСК разных видов рассмотрены в приложении 1 [26].

6 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ПО РАЗДЕЛУ 5

Блок № 1 (п. 4.2)

Задача № 1.1

Определить площадь пожарного отсека в производственном здании категории А и сравнить её с допустимой, определяемой по нормам. Горение происходит в помещении в пределах, ограничивающих разлив жидкости бортиков. Площадь разлива горючей жидкости в пределах бортиков $F_{гор} = 150$ м². Нормативное время тушения пожара $t_n = 10$ мин. Коэффициент безопасности принять равным $k_o = 1,1$. Остальные исходные данные приведены в таблице 16. Установки автоматического пожаротушения отсутствуют.

Таблица 16

Вариант	Наименьший предел огнестойкости несущей конструкции, $P_{ф}$, мин	Площадь помещения $F_{ном}$, м ²	Время горения до начала тушения, $\Delta\tau_o$, мин.	Требуемая интенсивность подачи огнетушащих веществ на тушение пожара, $I_{тр}$, л/(м ² ·с)	Гарантированный расход огнетушащих средств Q , л/с
1	30	5000	8	0,05	100
2	45	2500	9	0,08	110
3	60	1667	9	0,4	120
4	30	1250	7	0,08	130
5	45	100	10	0,4	140
6	60	833	12	0,05	150
7	30	714	5	0,4	100
8	45	3333	10	0,05	170
9	60	2000	13	0,08	105
10	30	1429	8	0,05	115
11	45	1111	10	0,4	125
12	60	909	14	0,08	135
13	30	2857	5	0,4	145
14	45	2222	15	0,05	155
15	60	1818	15	0,08	165

Задача № 1.2

Определить площадь пожарного отсека в производственном здании категории В и сравнить её с допустимой, определяемой по нормам. Размеры поме-

щения, в котором возможно возникновение пожара: длина 50 м и ширина 20 м. Место возможного возникновения пожара – центр помещения. Требуемая интенсивность подачи огнетушащих веществ на тушение пожара $I_{тр} = 0,15$ л/(м²·с). Время тушения пожара первым подразделением до введения стволов дополнительными силами $\tau_1 = 10$ мин. Коэффициент безопасности принять равным $\kappa_0 = 1,1$. Остальные исходные данные приведены в таблице 17. Установки автоматического пожаротушения отсутствуют.

Таблица 17

Вариант	Наименьший предел огнестойкости несущей конструкции, P_{ϕ} , мин	Скорость распространения пламени $V_{л}$, м/мин	Время горения до начала тушения, $\Delta\tau_0$, мин.	Гарантированный расход огнетушащих средств, подаваемых	
				первым подразделением Q_1 , л/с	дополнительными силами Q_2 , л/с
1	30	0,8	9	10	50
2	45	0,9	10	15	60
3	60	1,0	11	20	70
4	30	1,1	7	10	80
5	45	1,2	11	15	90
6	60	1,3	10	20	100
7	30	1,4	8	10	110
8	45	1,5	10	15	55
9	60	1,6	12	20	65
10	30	1,7	6	10	75
11	45	1,8	8	15	85
12	60	1,9	10	20	95
13	30	2,0	5	10	105
14	45	2,1	7	15	115
15	60	2,2	9	20	120

Задача № 1.3

Определить площадь пожарного отсека в производственном здании категории Б и сравнить её с допустимой, определяемой по нормам. Горение происходит в помещении в пределах, ограничивающих разлив жидкости бортиков. Площадь разлива горючей жидкости в пределах бортиков $F_{зоп} = 155$ м². Нормативное время тушения пожара $\tau_n = 10$ мин. Коэффициент безопасности принять равным $\kappa_0 = 1,1$. Остальные исходные данные приведены в таблице 18. Установки автоматического пожаротушения отсутствуют.

Таблица 18

Варианта	Наименьший предел огнестойкости несущей конструкции, P_{ϕ} , мин	Площадь помещения $F_{пом}$, м ²	Время горения до начала тушения, $\Delta\tau_0$, мин.	Требуемая интенсивность подачи огнетушащих веществ на тушение пожара, $I_{тр}$, л/(м ² ·с)	Гарантированный расход огнетушащих средств, Q , л/с
----------	---	--	--	--	---

1	45	5500	12	0,08	80
2	60	1571	8	0,4	160
3	30	1000	8	0,08	90
4	45	2200	13	0,05	85
5	60	1487	9	0,4	120
6	30	3667	10	0,08	70
7	45	1222	11	0,05	100
8	60	2500	9	0,4	130

Продолжение таблицы № 18

9	30	1833	8	0,08	110
10	45	3235	13	0,05	65
11	60	1100	9	0,4	115
12	30	2750	10	0,08	105
13	45	2037	12	0,05	90
14	60	1375	8	0,4	110
15	30	917	7	0,08	80

Задача № 1.4

Определить площадь пожарного отсека в производственном здании категории В и сравнить её с допустимой, определяемой по нормам. Размеры помещения, в котором возможно возникновение пожара: длина 50 м и ширина 30 м. Место возникновения пожара – центр помещения. Интенсивность подачи воды при тушении пожара $I_{тр} = 0,16$ л/(м²·с). Время тушения пожара первым подразделением до введения стволов дополнительными силами $\tau_1 = 11$ мин. Коэффициент безопасности принять равным $\kappa_o = 1,1$. Остальные исходные данные приведены в таблице 19. Помещение оборудовано установками автоматического пожаротушения.

Таблица 19

Варианта	Наименьший предел огнестойкости несущей конструкции, P_f , мин	Скорость распространения пламени V_l , м/мин	Время горения до начала тушения, τ_o , мин	Гарантированный расход огнетушащих средств, подаваемых	
				АУПТ Q_1 , л/с	дополнительными силами Q_2 , л/с
1	15	3,0	2	40	150
2	30	2,9	3	50	180
3	45	2,8	4	65	130
4	60	2,7	5	55	110
5	15	2,8	2	35	115
6	30	3,0	3	60	100
7	45	2,9	4	50	120
8	60	2,8	5	65	160
9	15	2,9	2	55	170
10	30	2,8	3	40	190
11	45	3,0	4	70	180
12	60	2,9	5	45	100
13	15	2,7	2	35	160
14	30	2,8	3	60	150
15	45	2,7	4	75	200

Задача № 1.5

Определить площадь пожарного отсека в производственном здании категории А и сравнить её с допустимой, определяемой по нормам. Горение происходит в помещении в пределах, ограничивающих разлив жидкости бортиков.

Площадь разлива горючей жидкости в пределах бортиков $F_{зоп} = 160 \text{ м}^2$. Нормативное время тушения пожара $\tau_n = 10$ мин. Коэффициент безопасности принять равным $\kappa_o = 1,1$. Остальные исходные данные приведены в таблице 20. Установки автоматического пожаротушения отсутствуют.

Таблица 20

Вариант	Наименьший предел огнестойкости несущей конструкции, P_ϕ , мин	Площадь помещения $F_{ном}$, м^2	Время горения до начала тушения, $\Delta\tau_o$, мин.	Требуемая интенсивность подачи огнетушащих веществ на тушение пожара, $I_{тр}$, $\text{л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Гарантированный расход огнетушащих средств Q , л/с
1	60	1091	15	0,08	95
2	30	2400	7	0,4	115
3	45	1622	11	0,05	70
4	60	4000	16	0,08	80
5	30	1333	7	0,4	100
6	45	2727	13	0,05	80
7	60	3529	15	0,08	95
8	30	2000	8	0,4	155
9	45	1200	14	0,05	85
10	60	3000	17	0,08	75
11	30	1500	8	0,4	145
12	45	2222	14	0,05	90
13	60	1000	12	0,08	100
14	30	6000	7	0,4	115
15	45	1714	15	0,05	90

Задача № 1.6

Определить площадь пожарного отсека в производственном здании категории В и сравнить её с допустимой, определяемой по нормам. Размеры помещения, в котором возможно возникновение пожара: длина 55 м и ширина 20 м. Место возможного возникновения пожара – центр помещения. Интенсивность подачи воды при тушении пожара $I_{тр} = 0,17 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Время тушения пожара первым подразделением до введения стволов дополнительными силами $\tau_1 = 11$ мин. Коэффициент безопасности принять равным $\kappa_o = 1,1$. Остальные исходные данные приведены в таблице 21. Установки автоматического пожаротушения отсутствуют.

Таблица 21

Вариант	Наименьший предел огнестойкости несущей конструкции, P_ϕ , мин	Скорость распространения пламени V_n , м/мин	Время горения до начала тушения, $\Delta\tau_o$, мин	Гарантированный расход огнетушащих средств, подаваемых	
				первым подразделением Q_1 , л/с	дополнительными силами Q_2 , л/с
1	60	1,5	13	15	65
2	30	2,1	9	20	80

Продолжение таблицы № 21

3	45	1,7	11	10	110
4	60	1,4	13	15	55
5	30	2,0	8	20	95
6	45	1,8	10	10	125
7	60	1,5	12	15	75
8	30	2,0	9	20	90
9	45	1,6	11	10	105
10	60	1,3	13	15	60
11	30	2,1	8	20	115
12	45	1,7	10	10	85
13	60	1,6	12	15	100
14	30	1,9	9	20	120
15	45	1,5	11	10	70

Задача № 1.7

Определить площадь пожарного отсека в производственном здании категории А и сравнить её с допустимой, определяемой по нормам. Горение происходит в помещении в пределах, ограничивающих разлив жидкости бортиков. Площадь разлива горючей жидкости в пределах бортиков $F_{гор} = 165 \text{ м}^2$. Нормативное время тушения пожара $\tau_n = 10$ мин. Коэффициент безопасности принять равным $\kappa_o = 1,1$. Остальные исходные данные приведены в таблице 22. Помещение оборудовано установками автоматического пожаротушения.

Таблица 22

Вариант	Наименьший предел огнестойкости несущей конструкции, P_{ϕ} , мин	Площадь помещения $F_{ном}$, м^2	Время горения до начала тушения, $\Delta\tau_o$, мин.	Требуемая интенсивность подачи огнетушащих веществ на тушение пожара, $I_{тр}$, $\text{л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Гарантированный расход огнетушащих средств Q , л/с
1	45	1757	5	0,05	60
2	60	4333	6	0,4	70
3	30	1444	3	0,08	95
4	45	2955	4	0,05	75
5	60	1300	5	0,08	85
6	30	3824	6	0,4	90
7	45	2167	3	0,05	100
8	60	1083	4	0,08	65
9	30	3250	5	0,4	110
10	45	1625	6	0,05	95
11	60	2407	3	0,08	80
12	30	6500	4	0,4	100
13	45	1857	5	0,05	90
14	60	2600	6	0,08	85
15	30	1182	4	0,4	70

Задача № 1.8

Определить площадь пожарного отсека в производственном здании категории В и сравнить её с допустимой, определяемой по нормам. Размеры помещения, в котором возможно возникновение пожара: длина 60 м и ширина 25 м. Место возможного возникновения пожара – центр помещения. Интенсивность подачи воды при тушении пожара $I_{тр} = 0,18$ л/(м²·с). Время тушения пожара первым подразделением до введения стволов дополнительными силами $\tau_1 = 12$ мин. Коэффициент безопасности принять равным $\kappa_0 = 1,1$. Остальные исходные данные приведены в таблице 23. Установки автоматического пожаротушения отсутствуют.

Таблица 23

Вариант	Наименьший предел огнестойкости несущей конструкции, P_{ϕ} , мин	Скорость распространения пламени $V_{л}$, м/мин	Время горения до начала тушения, $\Delta\tau_0$, мин	Гарантированный расход огнетушащих средств, подаваемых	
				первым подразделением Q_1 , л/с	дополнительными силами Q_2 , л/с
1	45	1,8	11	20	55
2	60	2,0	12	10	75
3	30	1,4	10	15	110
4	45	1,9	11	20	90
5	60	1,6	12	10	60
6	30	2,1	10	15	120
7	45	1,7	11	20	100
8	60	1,5	12	10	95
9	30	1,9	10	15	70
10	45	2,1	11	20	85
11	60	1,8	12	10	50
12	30	1,5	10	15	115
13	45	2,0	11	20	80
14	60	1,7	12	10	105
15	30	1,6	10	15	65

Задача № 1.9

Определить допустимую площадь пожарного отсека и количество противопожарных стен нормативным способом. Исходные данные принять по вариантам таблицы 24.

Таблица 24

Вариант	Описание здания
1	Трехэтажное общественное здание площадью застройки 6000 м ² . Степень огнестойкости здания: требуемая II, фактическая III.
2	Одноэтажное здание магазина площадью 200 м ² . Степень огнестойкости здания: требуемая III, а фактическая II.

Продолжение таблицы 24

3	Двухэтажное производственное здание категории «В» площадью застройки 7000 м ² . Степень огнестойкости здания: требуемая IV, фактическая III. В перекрытиях имеются открытые технологические проемы для установки оборудования.
4	Двухэтажное здание предприятия бытового обслуживания площадью застройки 5600 м ² . Степень огнестойкости здания: требуемая III, фактическая II.
5	Шестиэтажное общественное здание площадью застройки 8600 м ² . Степень огнестойкости здания: требуемая II, фактическая I.
6	Двухэтажное здание магазина площадью застройки 3500 м ² . Степень огнестойкости здания: требуемая I, а фактическая II.
7	Трехэтажное производственное здание категории «В» площадью застройки 5200 м ² . Степень огнестойкости здания III. В перекрытиях имеются открытые технологические проемы для установки оборудования.
8	Десятиэтажное общественное здание площадью застройки 5000 м ² . Степень огнестойкости здания: требуемая II, фактическая I.
9	Одноэтажное производственное здание категории В площадью застройки 7000 м ² . Степень огнестойкости здания: требуемая IV, фактическая III.
10	Одноэтажное здание магазина площадью: застройки 7000 м ² . Степень огнестойкости здания: требуемая II, фактическая III.

Задача № 1.10

Определить площадь пожарного отсека в производственном здании. В производстве обращается легковоспламеняющиеся жидкости, способные разлиться по всей площади здания. Гарантированный расход огнетушащего вещества составляет 80 л/с и обеспечивается автоматическими установками пожаротушения, срабатывающими через 1 мин после возникновения пожара. Требуемая интенсивность подачи огнетушащего вещества 0,1 л/(м²·с). Нормативное время тушения пожара составляет 10 мин. Предел огнестойкости конструкций здания 60 мин. Коэффициент безопасности равен 1,1.

Задача № 1.11

Определить площадь пожарного отсека в производственном здании. В производстве обращается легковоспламеняющиеся жидкости, способные разлиться по всей площади здания. Гарантированный расход огнетушащего вещества составляет 80 л/с и обеспечивается автоматическими установками пожаротушения, срабатывающими через 1 мин после возникновения пожара. Требуемая интенсивность подачи огнетушащего вещества 0,15 л/(м²·с). Нормативное время тушения пожара составляет 10 мин. Предел огнестойкости конструкций здания 60 мин. Коэффициент безопасности равен 1.

Задача № 1.12

Определить площадь пожарного отсека в производственном здании. В производстве обращается легковоспламеняющиеся жидкости, способные разлиться по всей площади здания. Гарантированный расход огнетушащего вещества составляет 30 л/с и обеспечивается автоматическими установками пожаро-

тушения, срабатывающими через 1 мин после возникновения пожара. Требуемая интенсивность подачи огнетушащего вещества $0,1 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Нормативное время тушения пожара составляет 10 мин. Предел огнестойкости конструкций здания 60 мин. Коэффициент безопасности равен 1,1.

Задача № 1.13

Определить площадь пожарного отсека в производственном здании. В производстве обращается легковоспламеняющиеся жидкости, способные разлиться по всей площади здания. Гарантированный расход огнетушащего вещества составляет 85 л/с и обеспечивается автоматическими установками пожаротушения, срабатывающими через 1 мин после возникновения пожара. Требуемая интенсивность подачи огнетушащего вещества $0,15 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Нормативное время тушения пожара составляет 10 мин. Предел огнестойкости конструкций здания 60 мин. $m_n=1$. Коэффициент безопасности равен 1.

Задача № 1.14

Определить площадь пожарного отсека в производственном здании. В производстве обращается легковоспламеняющиеся жидкости, способные разлиться по всей площади здания. Гарантированный расход огнетушащего вещества составляет 90 л/с и обеспечивается автоматическими установками пожаротушения, срабатывающими через 1,5 мин после возникновения пожара. Требуемая интенсивность подачи огнетушащего вещества $0,1 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Нормативное время тушения пожара составляет 10 мин. Предел огнестойкости конструкций здания 60 мин. Коэффициент безопасности равен 0,5.

Блок № 2 (п.4.3)

Задача № 2.1

Определить требуемую толщину противопожарной стены, исходя из условия ее устойчивости на опрокидывание. Исходные данные принять по вариантам таблице 25.

Таблица 25

Вариант	Описание здания
1	Трехэтажное здание размерами в плане 25x12 м, высотой 10 м, расположенное в г. Иркутске. Высота противопожарной стены до конька крыши составляет 10 м. Высота гребня противопожарной стены – 0,6 м.
2	Четырехэтажное здание размерами в плане 25x12 м, высотой 14 м, расположенное в г. Красноярске. Высота противопожарной стены до конька крыши составляет 14 м. Высота гребня противопожарной стены – 0,6 м.
3	Двухэтажное здание размерами в плане 40x12 м, высотой 8 м, расположенное в г. Слюдянка. Высота противопожарной стены до конька крыши составляет 8 м. Высота гребня противопожарной стены – 0,6 м.

Продолжение таблицы № 25

4	Одноэтажное здание размерами в плане 30x12 м, высотой 6 м, расположенное в г. Иркутске. Высота противопожарной стены до конька крыши составляет 6 м. Высота гребня противопожарной стены – 0,6 м.
5	Шестиэтажное здание размерами в плане 25x12 м, высотой 24 м, расположенное в г. Владивосток. Высота противопожарной стены до конька крыши составляет 24 м. Высота гребня противопожарной стены – 0,6 м.

Блок № 3 (п. 4.4)

Задача № 3.1

Провести экспертизу соответствия генерального плана предприятия (рисунок А.1) требованиям пожаровзрывобезопасности.

Задача № 3.2

Провести экспертизу соответствия генерального плана предприятия (рисунок А.2) требованиям пожаровзрывобезопасности.

Задача № 3.3

Провести экспертизу соответствия генерального плана предприятия (рисунок А.3) требованиям пожаровзрывобезопасности.

Задача № 3.4

Провести экспертизу соответствия генерального плана предприятия (рисунок А.4) требованиям пожаровзрывобезопасности.

Задача № 3.5

Провести экспертизу соответствия генерального плана предприятия (рисунок А.5) требованиям пожаровзрывобезопасности.

Задача № 3.6

Провести экспертизу соответствия генерального плана предприятия (рисунок А.6) требованиям пожаровзрывобезопасности.

Задача № 3.7

Провести экспертизу соответствия генерального плана предприятия (рисунок А.7) требованиям пожаровзрывобезопасности.

Задача № 3.8

Провести экспертизу соответствия генерального плана предприятия (рисунок А.8) требованиям пожаровзрывобезопасности.

Задача № 3.9

Провести экспертизу соответствия генерального плана предприятия (рисунок А.9) требованиям пожаровзрывобезопасности.

Задача № 3.10

Провести экспертизу соответствия генерального плана предприятия (рисунок А.10) требованиям пожаровзрывобезопасности.

Блок № 4 (п. 4.5)

Задача № 4.1

Определить величину противопожарного разрыва между деревообрабатывающим цехом, размещенным в здании II степени огнестойкости, и площадкой для хранения лесопиломатериалов с размерами в плане 30х30 м и высотой штабелей $h = 4$ м. Здание цеха протяженностью 90 м оборудовано автоматической установкой пожаротушения, гарантирующей подачу огнетушащих средств через 10 мин после начала пожара. Высота оконных проёмов в здании 3 м. $\Sigma F_{осм}/F_{у.ф} = 0,5$. Линейная скорость распространения горения 1 м/мин.

Задача № 4.2

Определить величину противопожарного разрыва между двухэтажным жилым зданием III степени огнестойкости, с размерами в плане 12х36 м и высотой 10 м, и одноэтажным производственным зданием II степени огнестойкости, с размерами в плане 24х12 м и высотой 12 м. Производственное здание оборудовано автоматической установкой пожаротушения, гарантирующей подачу огнетушащих средств через 10 мин после начала пожара. Высота оконных проёмов в жилом здании – 1,8 м, в производственном здании 3 м. $\Sigma F_{осм}/F_{у.ф} = 0,75$. Линейная скорость распространения горения 0,7 м/мин.

Задача № 4.3

Определить величину противопожарного разрыва между деревообрабатывающим цехом, размещённым в здании II степени огнестойкости, и резервуаром с нефтью диаметром 25 м и высотой 10 м. Здание цеха протяженностью 90 м оборудовано автоматической установкой пожаротушения, гарантирующей подачу огнетушащих средств через 10 мин после начала пожара. Высота оконных проёмов в здании 3 м. $\Sigma F_{осм}/F_{у.ф} = 0,5$. Линейная скорость распространения горения 1,0 м/мин.

Задача № 4.4

Определить величину противопожарного разрыва между двухэтажным административным зданием III степени огнестойкости, с размерами в плане 12х36 м и высотой 10 м, и резервуаром с бензином диаметром 12 м и высотой 6 м. Здание оборудовано автоматической установкой пожаротушения, гарантирующей подачу огнетушащих средств через 10 мин после начала пожара. Высота оконных проёмов в здании 1,8 м. $\Sigma F_{осм}/F_{у.ф} = 0,5$. Линейная скорость распространения горения 0,75 м/мин.

Блок № 5

Задача № 5.1

Определить площадь легкобрасываемых конструкций расчётным способом для помещения окрасочного участка автотранспортного предприятия. Площадь помещения 150 м^2 . Заполнение оконных проёмов в наружных стенах – переплёты с двойным остеклением, толщина стекла 3 мм, площадь отдельных листов стекла 1,0 м с соотношением сторон 1:1,2. Имеется 6 окон размером $4,40 \cdot 1,10 \text{ м}$. Количество обрабатываемого бензола в помещении – 3 кг.

Задача № 5.2

Определить площадь легкобрасываемых конструкций расчётным способом для помещения окрасочного участка автотранспортного предприятия. Площадь помещения 100 м^2 . Заполнение оконных проёмов в наружных стенах – переплёты с двойным остеклением, толщина стекла 3 мм, площадь отдельных листов стекла 1,0 м с соотношением сторон 1:1,2. Имеется 6 окон размером $4,0 \cdot 1,0 \text{ м}$. Количество обрабатываемого гептана в помещении – 2 кг.

Задача № 5.3

Определить площадь легкобрасываемых конструкций нормативным и расчетным способом для помещения поста нанесения антикоррозионного покрытия автотранспортного предприятия. Площадь помещения $96,7 \text{ м}^2$. Заполнение оконных проёмов в наружных стенах – переплёты с одинарным остеклением, толщина стекла 3 мм, площадь отдельных листов стекла 1,5 м с соотношением сторон 1:1,65. Имеется 4 окна размером $4,50 \cdot 1,00 \text{ м}$. Количество обрабатываемого гептана в помещении – 2 кг.

Блок № 6 (п. 4.6)

Задача № 6.1

Определить время блокирование путей эвакуации из комнаты по предельной температуре. Основная пожарная нагрузка представлена деревянной мебелью. Объём пожарной нагрузки в основном объёме рассматриваемых помещений принимается равным 20 % от общего объёма помещения.

Начальная температура воздуха в помещении $t_o = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Площадь помещения составляет $16,1 \text{ м}^2$. Высота помещения – 2,8 м.

Задача № 6.2

Определить время блокирование путей эвакуации из комнаты по потере видимости в дыму. Основная пожарная нагрузка представлена деревянной мебелью. Объём пожарной нагрузки в основном объёме рассматриваемых помещений принимается равным 20 % от общего объёма помещения. $C_p = 1,05 \cdot 10^{-3} \text{ МДж/кг}$; $\varphi = 0,3$; $\eta = 0,95$; $\alpha = 0,3$; $E = 50 \text{ лк}$; $l_{np} = 20 \text{ м}$; $X_{CO_2} = 0,11 \text{ кг/м}^3$, $X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$, $X_{HCl} = 23 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$; $Q_H = 13,8 \text{ МДж/кг}$; $\psi_{yd} = 0,014 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$;

$v = 0,038$ м/с; $D_m = 23$ Нп/(м²·кг); $L_{CO_2} = 1,51$ кг/кг; $L_{CO} = 0,024$ кг/кг; $L_{O_2} = 1,15$ кг/кг.

Начальная температура воздуха в помещении $t_o = 20$ °С. Площадь помещения составляет $16,1$ м². Высота помещения – $2,8$ м.

Задача № 6.3

Определить время блокирование путей эвакуации из комнаты по предельной концентрации СО₂. Основная пожарная нагрузка представлена деревянной мебелью. Объём пожарной нагрузки в основном объёме рассматриваемых помещений принимается равным 20 % от общего объёма помещения. $C_p = 1,05 \cdot 10^{-3}$ МДж/кг; $\varphi = 0,3$; $\eta = 0,95$; $\alpha = 0,3$; $E = 50$ лк; $l_{np} = 20$ м; $X_{CO_2} = 0,11$ кг/м³, $X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м³, $X_{HCl} = 23 \cdot 10^{-6}$ кг/м³; $Q_n = 13,8$ МДж/кг; $\psi_{y\partial} = 0,014$ кг/(м²·с); $v = 0,038$ м/с; $D_m = 23$ Нп/(м²·кг); $L_{CO_2} = 1,51$ кг/кг; $L_{CO} = 0,024$ кг/кг; $L_{O_2} = 1,15$ кг/кг.

Начальная температура воздуха в помещении $t_o = 20$ °С. Площадь помещения составляет $16,1$ м². Высота помещения – $2,8$ м.

Задача № 6.4

Определить время блокирование путей эвакуации из комнаты по предельной концентрации СО. Основная пожарная нагрузка представлена деревянной мебелью. Объём пожарной нагрузки в основном объёме рассматриваемых помещений принимается равным 20 % от общего объёма помещения. $C_p = 1,05 \cdot 10^{-3}$ МДж/кг; $\varphi = 0,3$; $\eta = 0,95$; $\alpha = 0,3$; $E = 50$ лк; $l_{np} = 20$ м; $X_{CO_2} = 0,11$ кг/м³, $X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м³, $X_{HCl} = 23 \cdot 10^{-6}$ кг/м³; $Q_n = 13,8$ МДж/кг; $\psi_{y\partial} = 0,014$ кг/(м²·с); $v = 0,038$ м/с; $D_m = 23$ Нп/(м²·кг); $L_{CO_2} = 1,51$ кг/кг; $L_{CO} = 0,024$ кг/кг; $L_{O_2} = 1,15$ кг/кг.

Начальная температура воздуха в помещении $t_o = 20$ °С. Площадь помещения составляет $16,1$ м². Высота помещения – $2,8$ м.

Задача № 6.5

Определить время блокирование путей эвакуации из комнаты по пониженной концентрации О₂. Основная пожарная нагрузка представлена деревянной мебелью. Объём пожарной нагрузки в основном объёме рассматриваемых помещений принимается равным 20 % от общего объёма помещения. $C_p = 1,05 \cdot 10^{-3}$ МДж/кг; $\varphi = 0,3$; $\eta = 0,95$; $\alpha = 0,3$; $E = 50$ лк; $l_{np} = 20$ м; $X_{CO_2} = 0,11$ кг/м³, $X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м³, $X_{HCl} = 23 \cdot 10^{-6}$ кг/м³; $Q_n = 13,8$ МДж/кг; $\psi_{y\partial} = 0,014$ кг/(м²·с); $v = 0,038$ м/с; $D_m = 23$ Нп/(м²·кг); $L_{CO_2} = 1,51$ кг/кг; $L_{CO} = 0,024$ кг/кг; $L_{O_2} = 1,15$ кг/кг.

Начальная температура воздуха в помещении $t_o = 20$ °С. Площадь помещения составляет $16,1$ м². Высота помещения – $2,8$ м.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 12.1.033–81. «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Термины и определения», [введ. 1982-07-01]. – М.: Госстандарт, 1981. – 9 с.
2. ГОСТ 12.3.046–91. «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования». [введ. 1993-01-01]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1991. – 3 с.
3. ГОСТ Р 12.3.047–2012. «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля», [введ. 2014-01-01]. – М.: Стандартинформ, 2014. – 62 с.
4. Федеральный закон от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
5. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
6. СП 4.13130.2013. «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям», [введ. 2013-06-24]. – М.: Стандартинформ, 2013. – 183 с.
7. ГОСТ Р 12.3.047–12. «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля», [введ. 2014-01-01]. – М.: Стандартформ. – 62 с.
8. ГОСТ 12.1.004–91 Пожарная безопасность. Общие требования, [введ. 1992-01-07]. – М.: Стандартинформ, 2006. – 64 с.
9. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности», [введ. 2009-05-01]. – М.: Стандартинформ, 2009. – 28 с.
10. Корольченко, А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ, материалов и средства их тушения [Текст]: справочник: в 2 ч./А. Я. Корольченко. – Ч. 1. – М.: Пожнаука, 2004. – 709 с.
11. Корольченко, А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ, материалов и средства их тушения [Текст]: справочник: в 2 ч./А. Я. Корольченко. – Ч. 2. – М.: Пожнаука, 2004. – 757 с.
12. СП 117.13330.2011 (СНиП 31-05–2003) «Общественные здания административного назначения», [введ. 2011-07-19]. – М.: Стандартинформ, 2011. – 28 с.
13. СП 118.13330.2012* (Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009) «Общественные здания и сооружения», [введ. 2014-09-01]. – М.: Стандартинформ, 2014. – 15 с.
14. СП 56.13330.2011 (Актуализированная редакция СНиП 31-03–2001) «Производственные здания», [введ. 2011-05-20]. – М.: Стандартинформ, 2011. – 14 с.

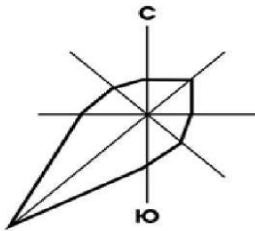
15. СП 112.13330.2011 (Актуализированная редакция СНиП 21-01–97*). «Пожарная безопасность зданий и сооружений», [введ. 1998-01-01]. – М.: Стандартинформ, 2011. – 17 с.
16. СП 20.13330.2016 (Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85*) «Нагрузки и воздействия», [введ. 1998-01-01]. – М.: Стандартинформ, 2011. – 17 с.
17. СП 42.13330.2016 (Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89) «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», [введ. 2017-07-01]. – М.: Стандартинформ, 2017. – 101 с.
18. СП 18.13330.2011 (Актуализированная редакция СНиП 11-89–80*) «Генеральные планы промышленных предприятий», [введ. 2011-05-20]. – М.: Стандартинформ, 2011. – 45 с.
19. СП 19.13330.2011 (Актуализированная редакция СНиП II-97–76) «Генеральные планы сельскохозяйственных предприятий», [введ. 2011-05-20]. – М.: Стандартинформ, 2011. – 30 с.
20. СП 53.13330.2011 (Актуализированная редакция СНиП 30-02–97) «Планировка и застройка территорий садоводческих (дачных) объединений граждан, здания и сооружения», [введ. 2011-05-20]. – М.: Стандартинформ, 2011. – 14 с.
21. Ройтман, М. Я. Противопожарное нормирование в строительстве: пособие / М. Я. Ройтман [и др.]. – М.: Стройиздат, 1985. – 362 с.
22. МДС 41-1–99 «Рекомендации по противодымной защите при пожаре» (к СНиП 41-01–2003).
23. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 3: Вентиляция и кондиционирование воздуха / под ред. Н. Н. Павлова. – М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.
24. НПБ 105–03. «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
25. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – Издание 7-е, перераб. и доп.
26. Расчёт параметров легкобрасываемых конструкций для взрывопожароопасных помещений промышленных объектов: рекомендации. – М.: ВНИИ-ПО, 2015. – 48 с.
27. ГОСТ 12.1.044–89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения, [1991-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 2006. – 99 с.
28. Барановский, В. Д. Пожарная безопасность электроустановок: учебное пособие / В. Д. Барановский, В. В. Малов. – Иркутск: ВСИ МВД РФ, 2005. – 84 с.
29. Рекомендации по расчёту систем противодымной защиты жилых зданий повышенной этажности. – М.: Стройиздат, 1987. – 32 с.
30. Рекомендации по противодымной защите при пожаре. – М.: ГУП ЦПП, 2000. – 36 с.

31. Пособие по обследованию и проектированию зданий и сооружений, подверженных воздействию взрывных нагрузок. – М.: АО «ЦНИИПромзданий», 2000. – 87 с.

32. ГОСТ 12.1.041-83*. ССБТ. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования, [1984-06-30]. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 21 с.

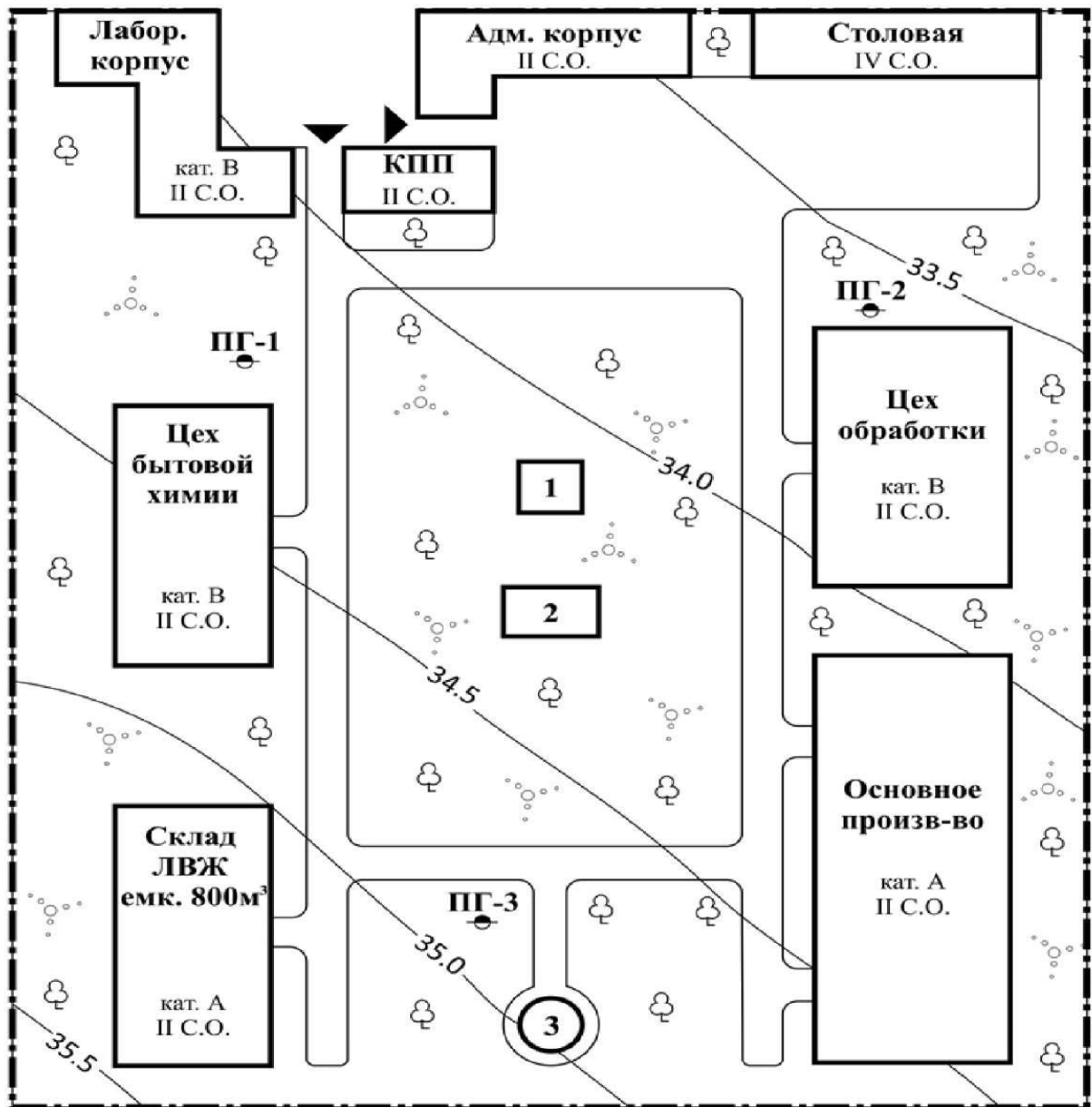
Приложение А
(обязательное)

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН



Предприятие размещено в лесном массиве в 3 км от деревни Ивановка
3 – поршневой газгольдер $V = 1100 \text{ м}^3$

М 1:1000



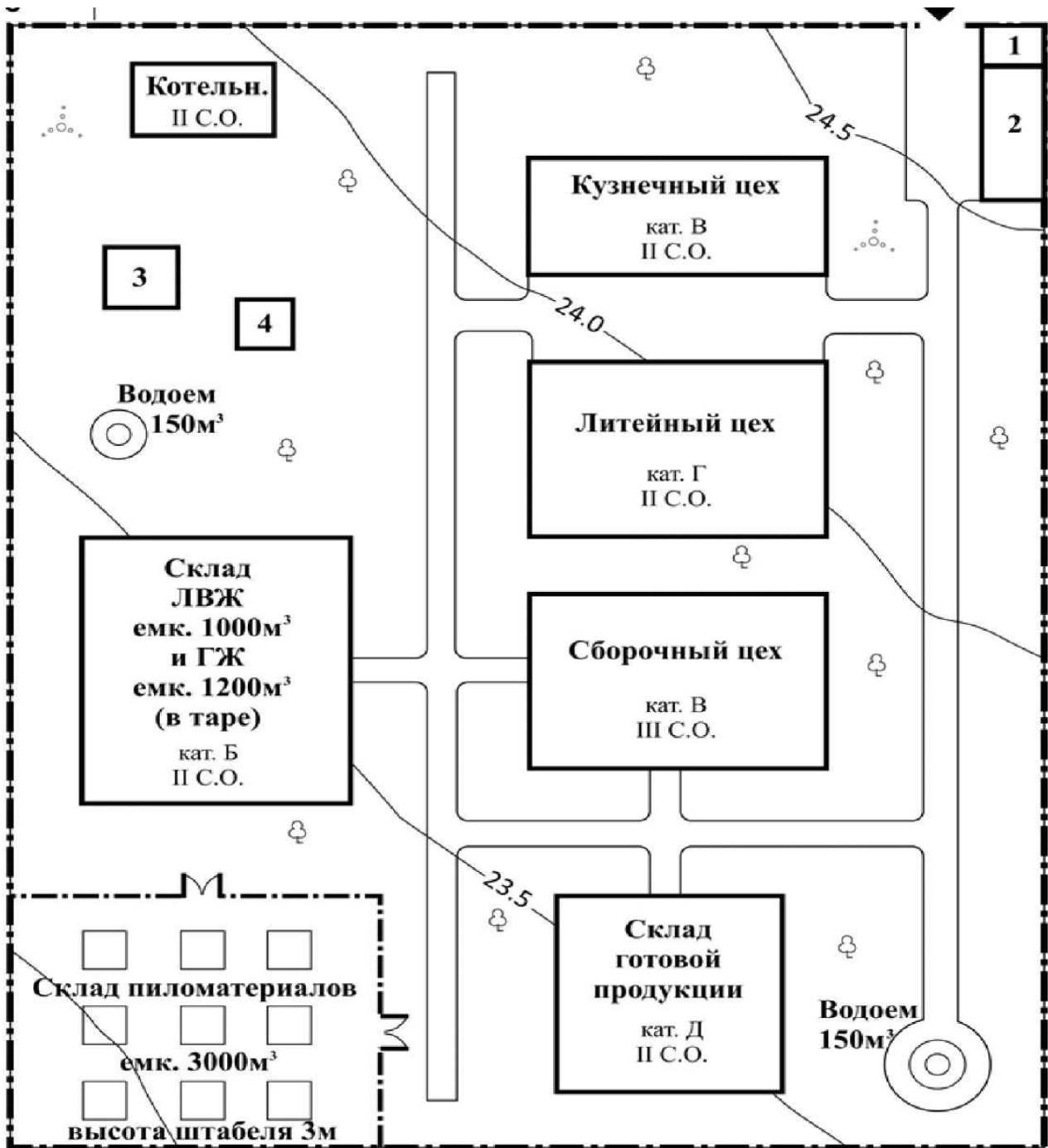
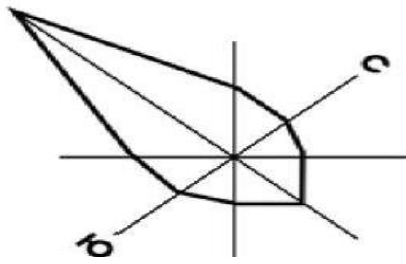
1 – трансформаторная подстанция, II С.О.; 2 – насосная, II С.О.

Рисунок А.1 – Генеральный план предприятия

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН

Предприятие находится в лесном массиве в 6 км от населенного пункта Зорино

М 1:1000



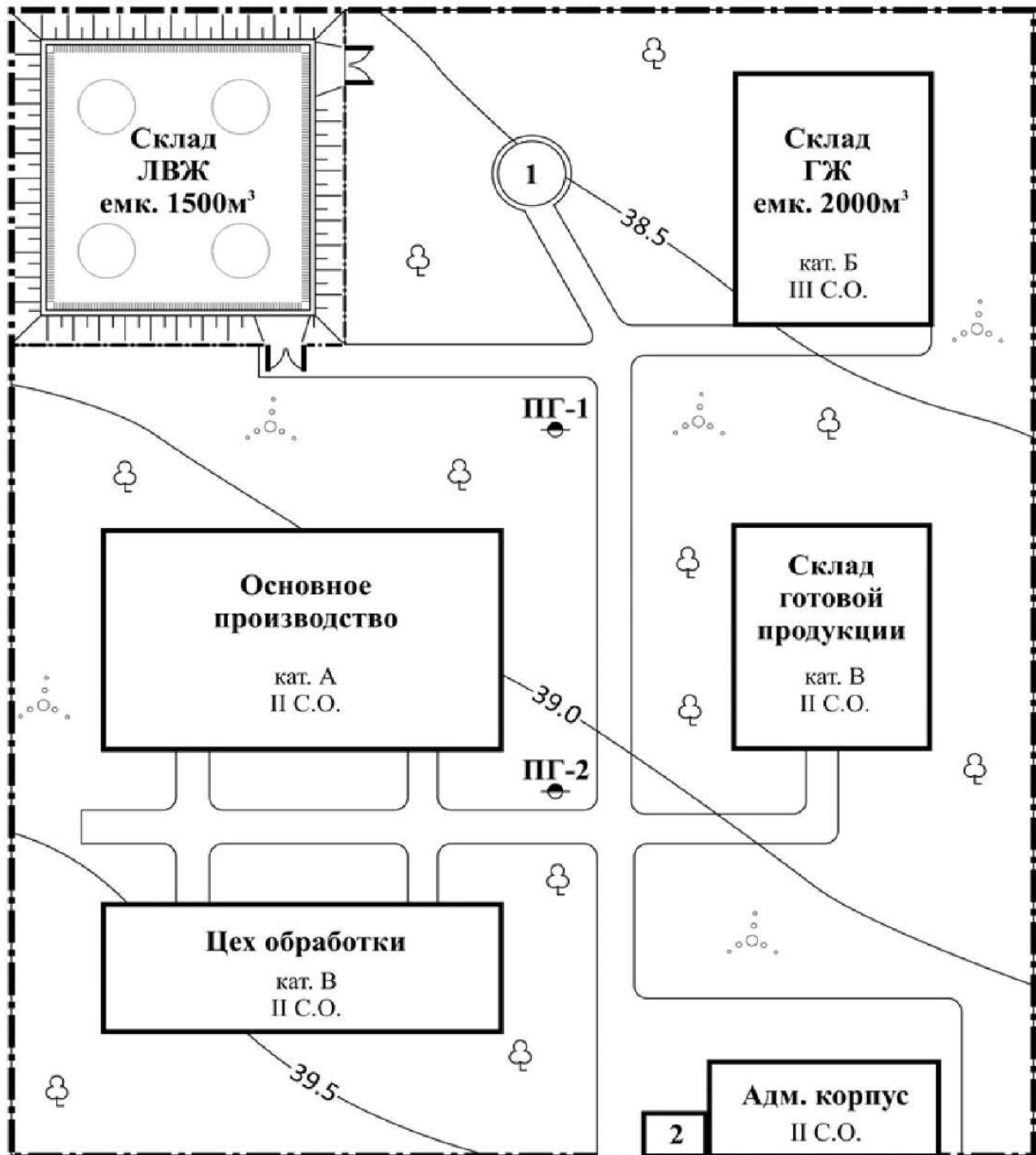
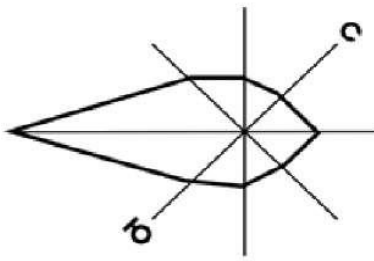
1 – контрольно-пропускной пункт, П С.О.; 2 – административный корпус, П С.О.;
3 – насосная, П С.О. 4 – трансформаторная подстанция, П С.О.

Рисунок А.2 – Генеральный план предприятия

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН

Предприятие размещено в лесном массиве в
3 км от населенного пункта Пушкино

М 1:1000



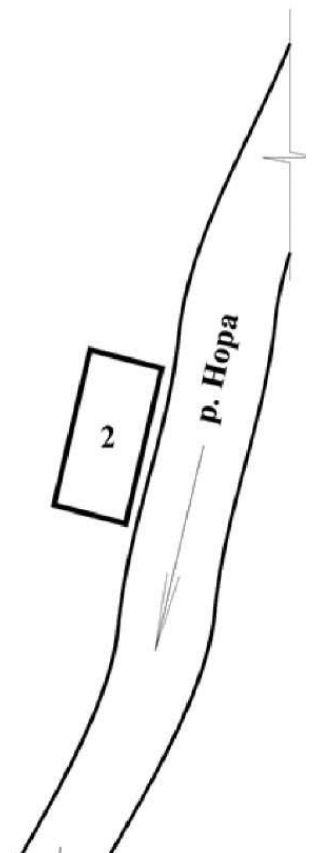
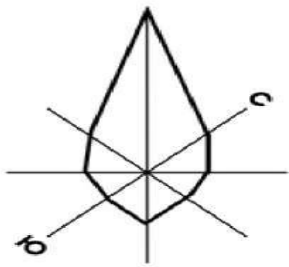
1 – поршневой газгольдер $V = 1100 \text{ м}^3$; 2 – контрольно-пропускной пункт, II С.О.

Рисунок А.3 – Генеральный план предприятия

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН

Предприятие находится в лесном массиве в
3 км от населенного пункта Большая речка

М 1:1000

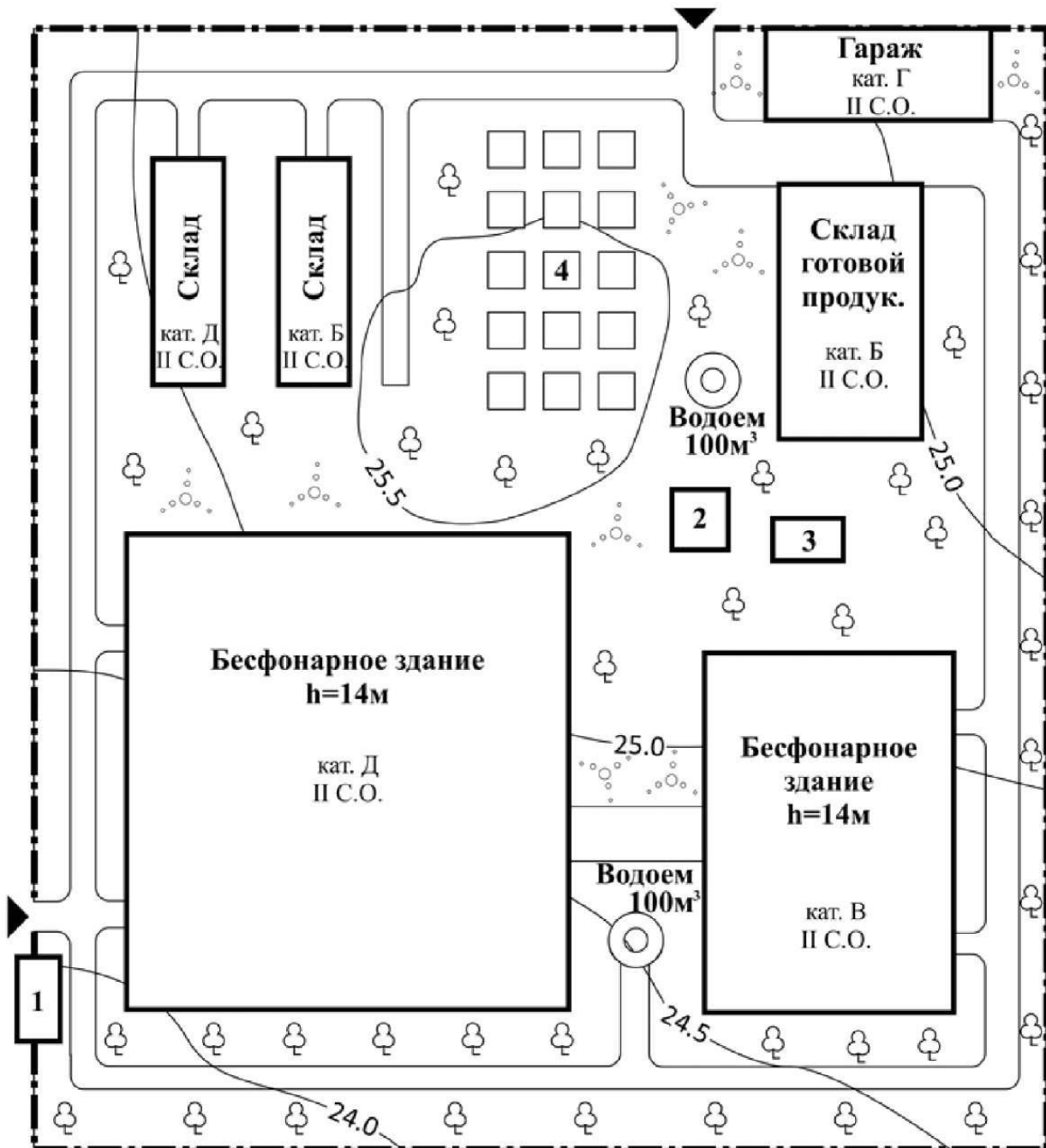
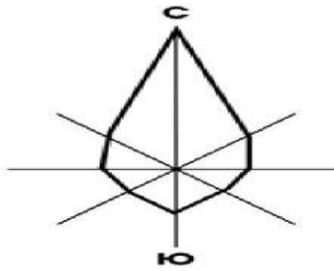


1 – контрольно-пропускной пункт, II С.О.; 2 – речной док
Рисунок А.4 – Генеральный план предприятия

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН

Предприятие находится в лесном массиве в
6 км от населенного пункта Боровское

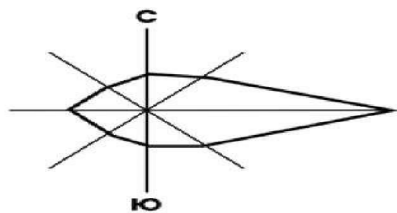
М 1:1000



1 – контрольно-пропускной пункт, II С.О.; 2 – трансформаторная подстанция, II С.О.;
3 – насосная, II С.О.; 4 – склад леса, ёмк. 4000 м³

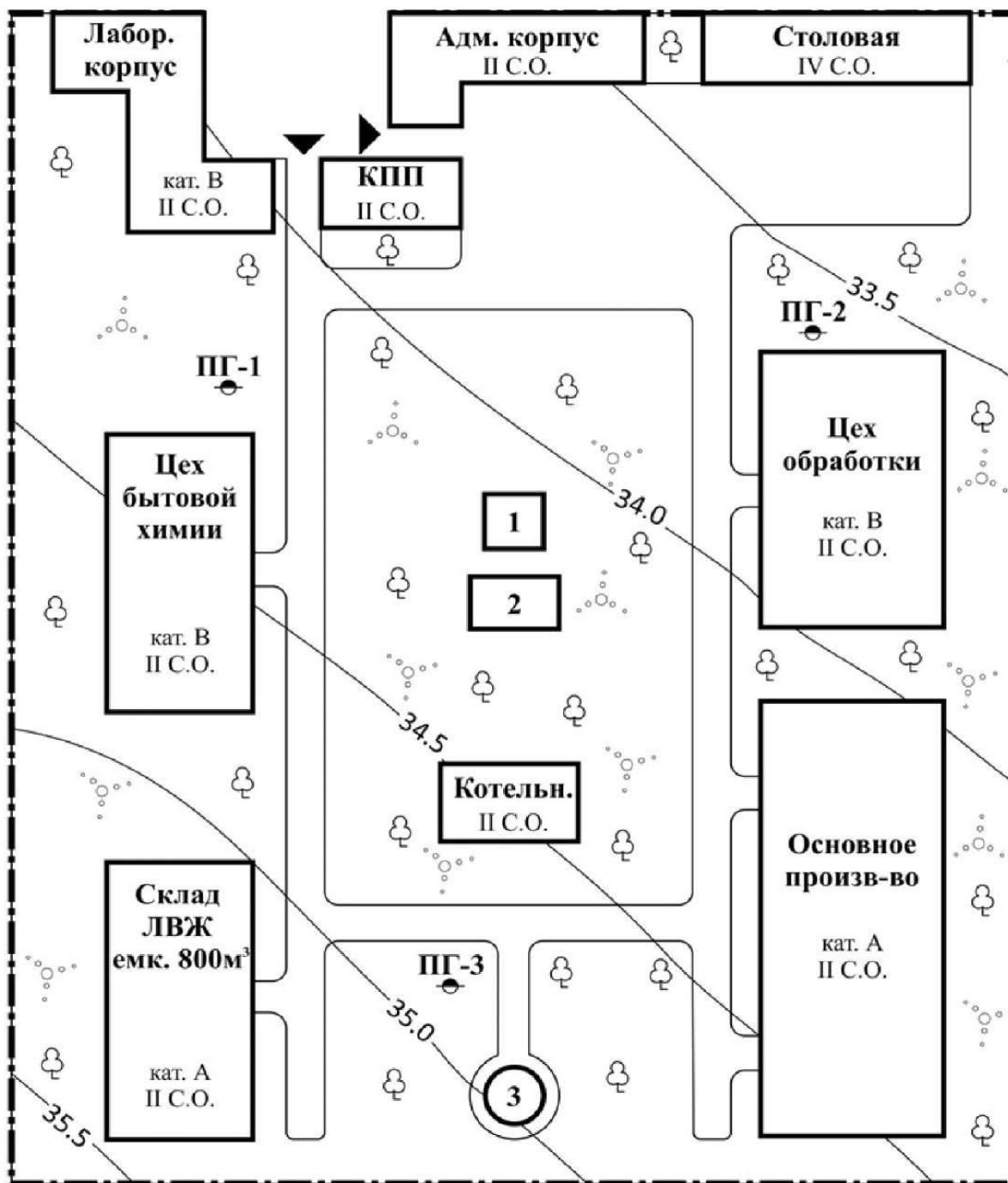
Рисунок А.5 – Генеральный план предприятия

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН



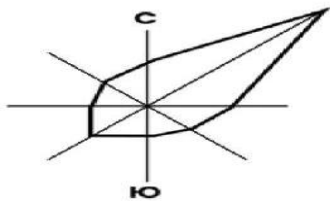
Предприятие находится в лесном массиве
в 3 км от деревни Петровка

М 1:1000



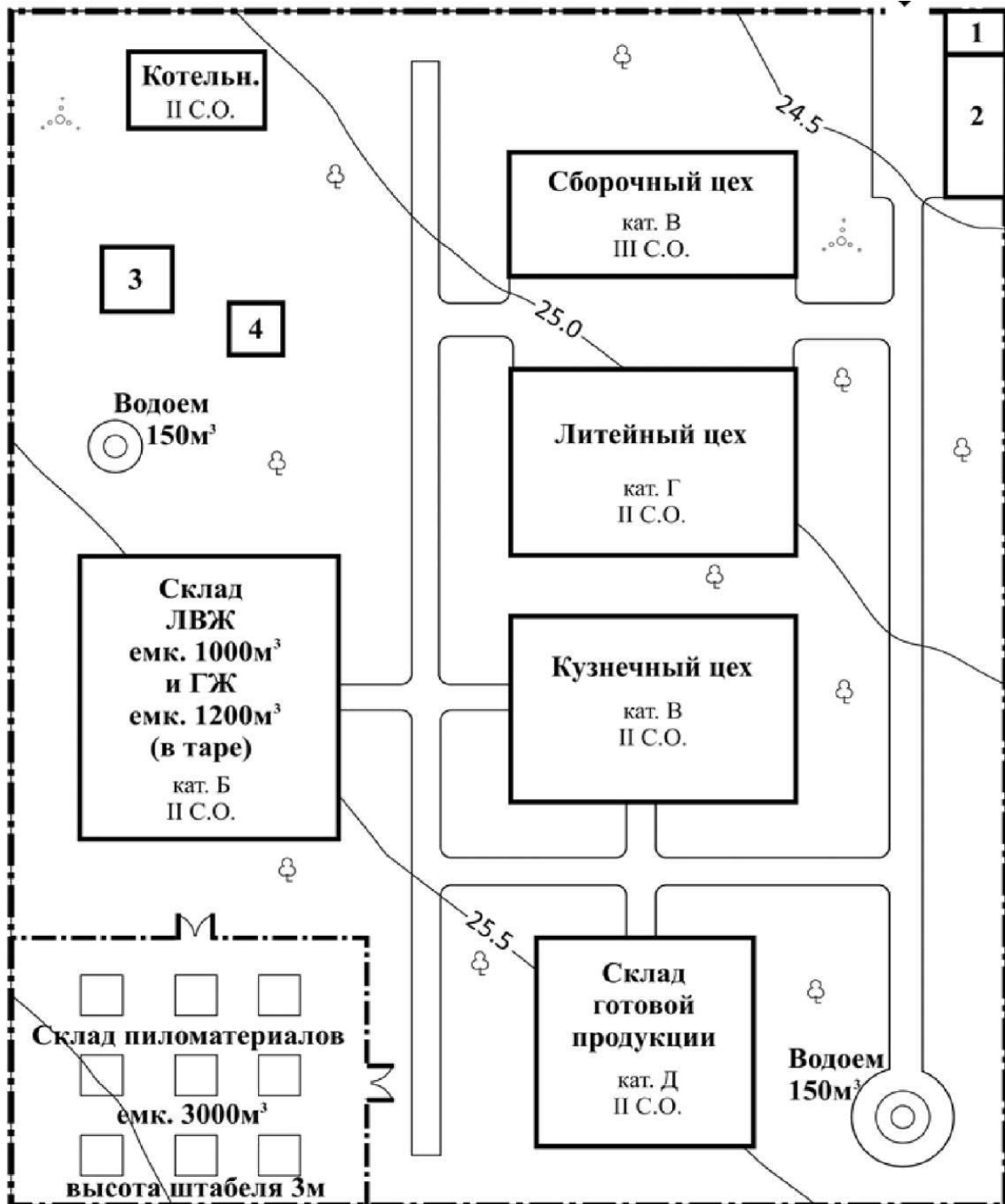
1 – трансформаторная подстанция, П С.О.; 2 – насосная, П С.О.;

3 – поршневой газгольдер V=1100 м
 Рисунок А.6 – Генеральный план предприятия
 ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН



Предприятие находится в лесном массиве
 в 6 км от населенного пункта Мурино

М 1:1000

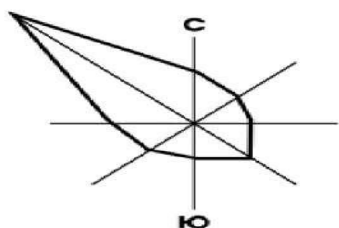


1 – контрольно-пропускной пункт, II С.О.; 2 – административный корпус, II С.О.;

3 – насосная, П С.О. 4 – трансформаторная подстанция, П С.О

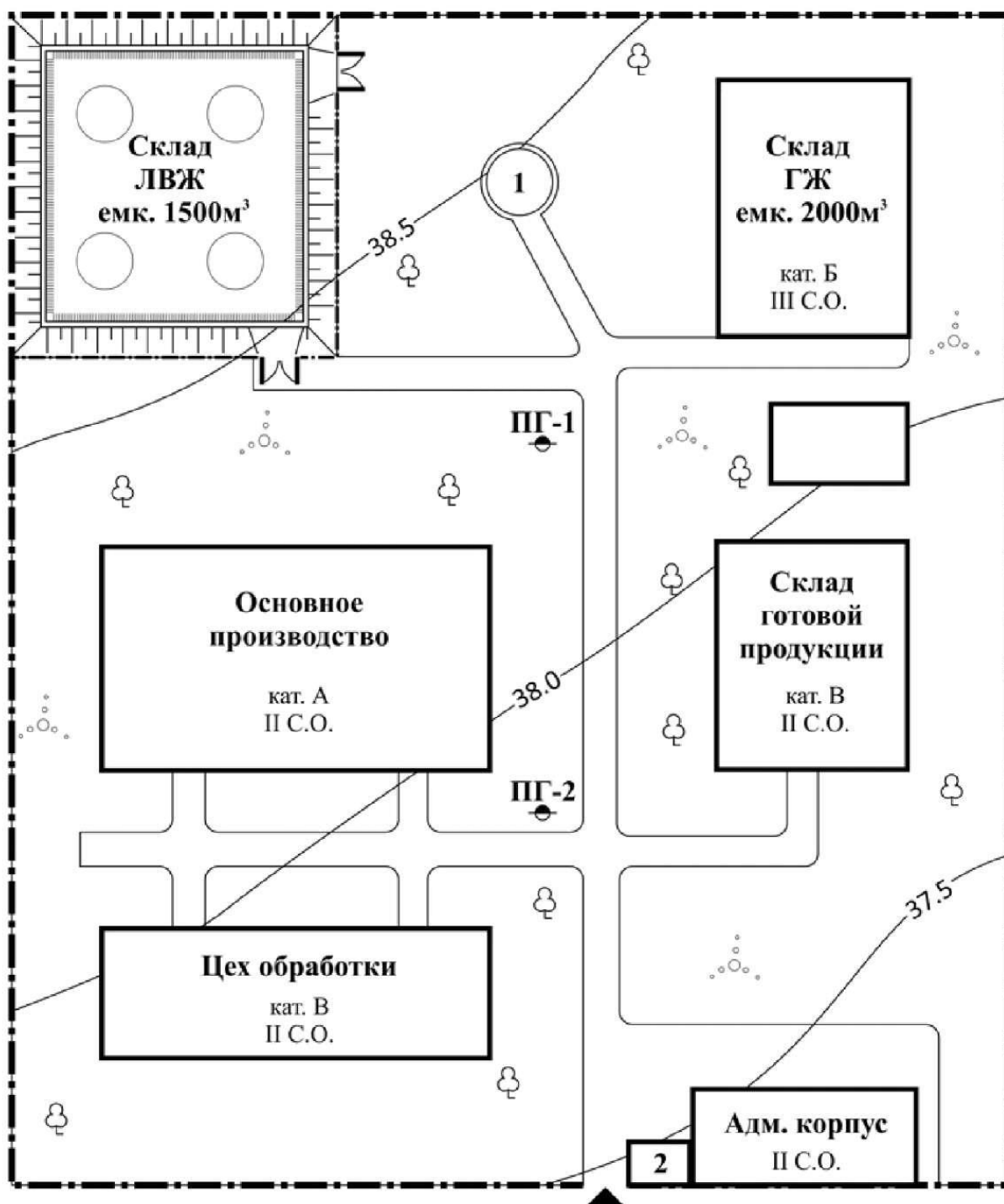
Рисунок А.7 – Генеральный план предприятия

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН



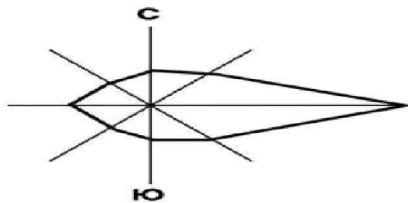
Предприятие размещено в лесном массиве
в 3 км от населенного пункта Пушкино

М 1:1000



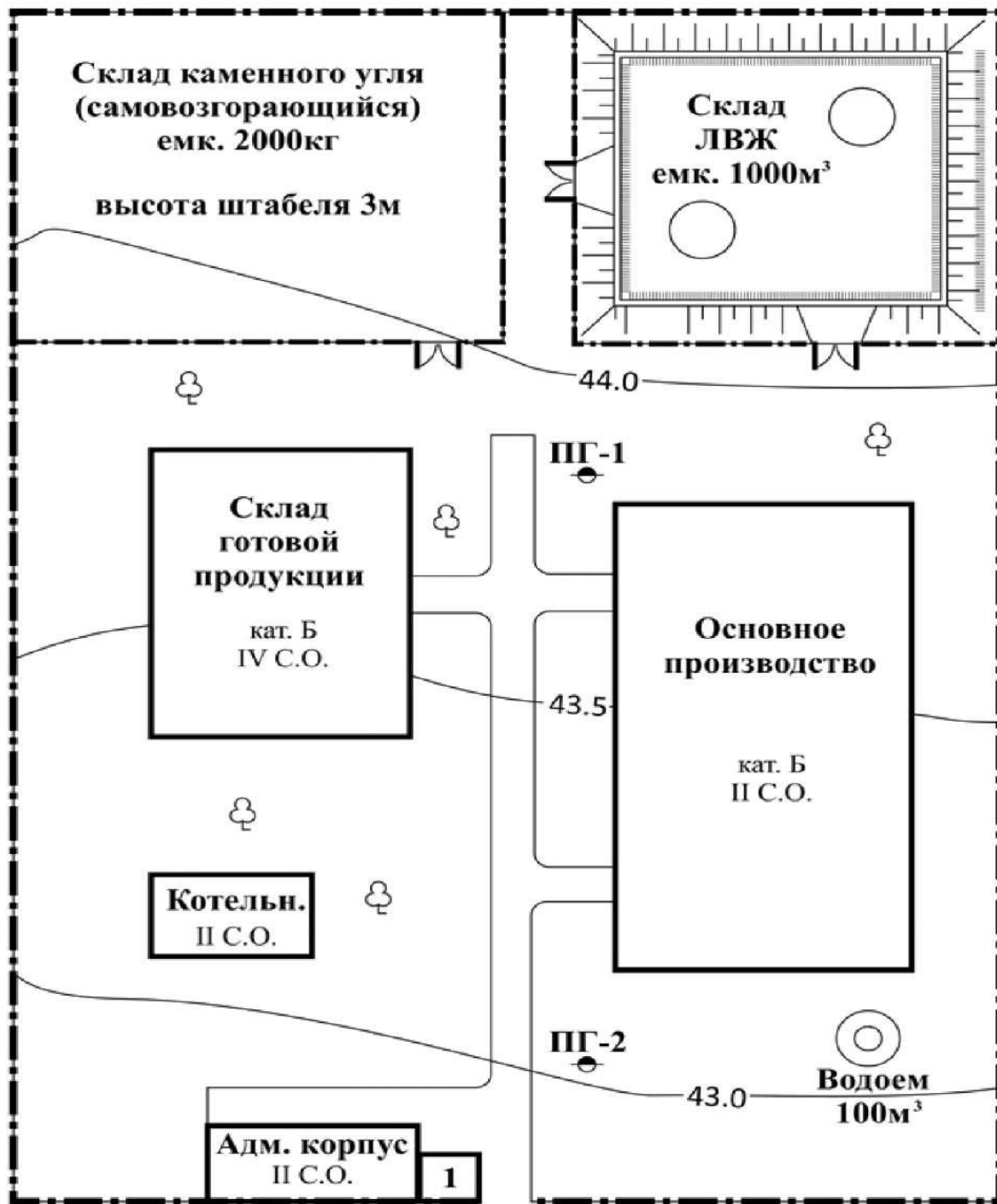
1 – поршневой газгольдер $V = 1100 \text{ м}^3$; 2 – контрольно-пропускной пункт, II С.О.

Рисунок А.8 – Генеральный план предприятия ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН

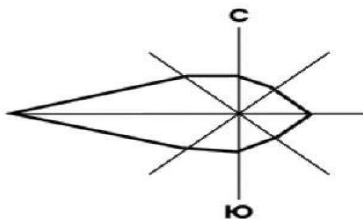


Предприятие находится в лесном массиве
в 3 км от населенного пункта Малышовка

М 1:1000

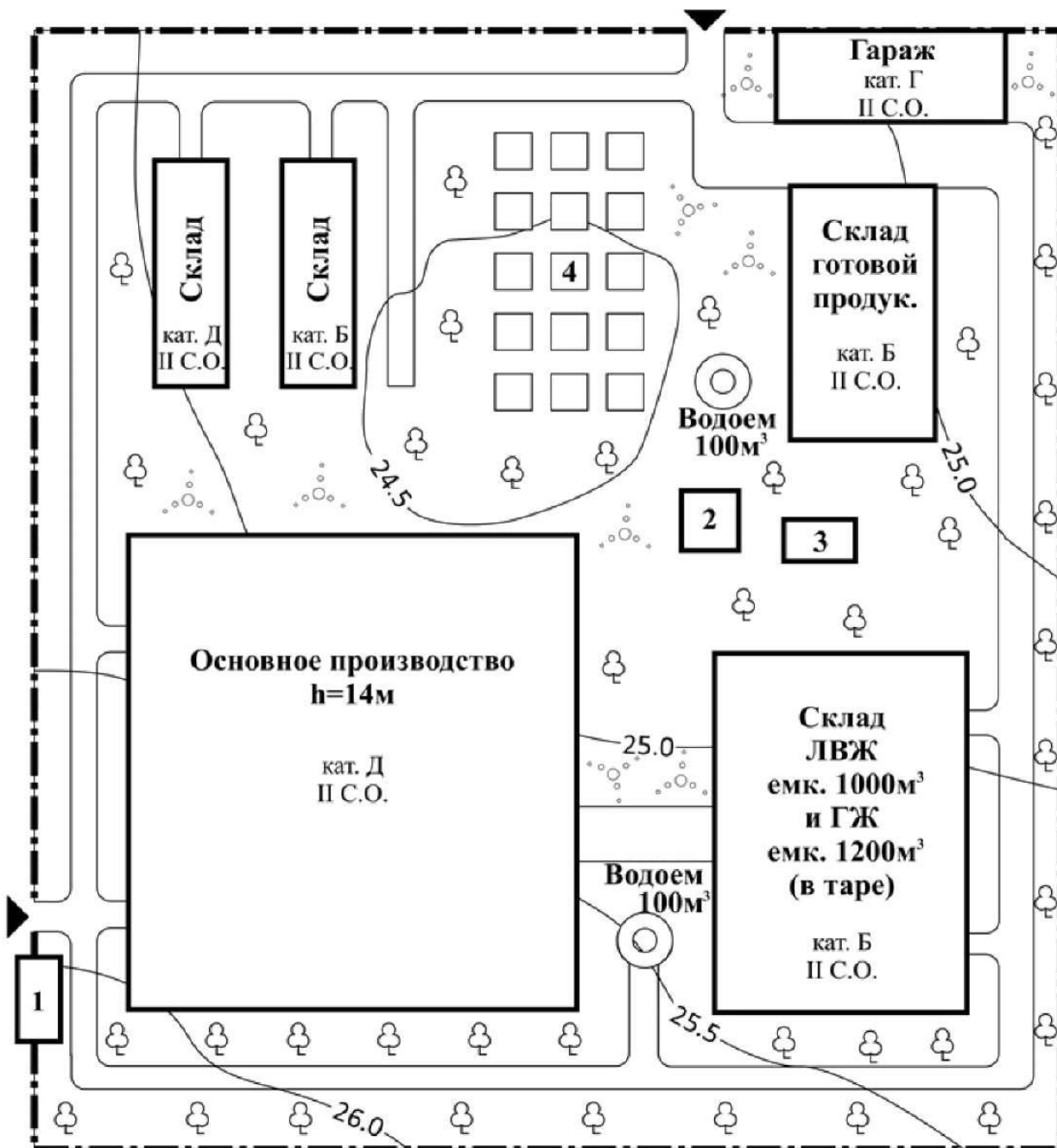


1 – контрольно-пропускной пункт, II С.О.
 Рисунок А.9 – Генеральный план предприятия
 ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН



Предприятие находится в лесном массиве
 в 6 км от населенного пункта Сосновое

М 1:1000



1 – контрольно-пропускной пункт, II С.О.; 2 – трансформаторная подстанция, II С.О.;
 3 – насосная, II С.О.; 4 – склад леса, ёмк. 6000 м

Рисунок А.10 – Генеральный план предприятия

Учебное издание

Ильчук Игорь Александрович

**ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
К ЗДАНИЯМ И ПОМЕЩЕНИЯМ
Часть 2**

Учебное пособие по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»
для студентов всех форм обучения, специальностей
и направлений подготовки

Подписано в печать _____ . Тираж 30 экз.

Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета
390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53

