

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра химической
техники и охраны
труда

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению раздела «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций» в дипломном проекте (работе) для студентов специальности специальность 1–70 05 01 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Составитель: доцент кафедры
химической техники и охраны труда,
к.т.н.
Булавка Ю. А.

Новополоцк, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Согласно законодательству Республики Беларусь вопросы безопасности новых технологических процессов, средств производства, модернизации действующих производств должны решаться, прежде всего, на стадии проектирования. Поэтому заключительным этапом изучения вопросов промышленной безопасности является обязательная разработка студентами технических вузов при дипломном проектировании советующих разделов. Кроме того, вопросы промышленной безопасности и предупреждения чрезвычайных ситуаций должны отражаться и в других частях дипломного проекта.

Предупреждение чрезвычайных ситуаций (ЧС) является актуальной проблемой современности. Умелые действия по спасению людей, оказанию им необходимой помощи и проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения при ликвидации ЧС позволяют сократить число погибших, сохранить здоровье пострадавшим, уменьшить материальные потери. В связи с этим все более возрастает значение подготовки специалистов с высшим образованием, способных грамотно и умело организовать предотвращение экстремальных ситуаций и действия по ликвидации опасности.

Методические указания подготовлены с целью систематизации материалов, представленных в различных литературных источниках, и с учетом учебной программы по дисциплине «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций» для выполнения соответствующих разделов в дипломном проектировании. В методических указаниях представлены примеры расчетов и справочные данные.

После получения студентом-дипломником основного задания на дипломное проектирование необходимо связаться с консультантом-преподавателем от кафедры «Химической техники и охраны труда» для выполнения раздела «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуациях». Для студентов специальности 1–70 05 01 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» в 2016 году консультант-преподаватель – *Булавка Юлия Анатольевна*, с которой, для получения задания, можно связаться по телефону **80297189253** (МТС). Подготовленный материал представляется для проверки по электронной почте консультанта-преподавателя ulia-1917@yandex.by либо u.bylavka@psu.by (указывается: Ф.И.О.; группа; тема дипломного проекта; приводится список литературы), в соответствии с графиком работы Булавка Ю.А. можно получить консультационную помощь в выполнении разделов (ауд. 204, главный корпус УО «ПГУ», понедельник с 17³⁰, среда (с 23.03.2016г.) 16⁰⁰-17⁴⁵). Разделы для проверки необходимо предоставить в период с февраля по май 2016 года.

1 ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА В ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТЕ

Содержание раздела должно соответствовать основной теме дипломного проекта, быть его органической частью и составлять 8-12 страниц текста пояснительной записки каждый. Раздел оформляют в соответствии с действующим стандартом ПГУ по дипломному проектированию. Разделы помещают в пояснительной записке дипломного проекта перед технико-экономическим обоснованием объекта проектирования.

Распечатка текста разделов с простановкой страницы в соответствии с расположением в дипломном проекте осуществляется после проверки *электронного варианта* разделов консультантом-преподавателем и проставления *росписи* консультанта-преподавателя на титульном листе пояснительной записки дипломного проекта (работы).

Текст разделов выполняется печатным способом на одной стороне листа белой бумаги формата А4 без рамки. Расстояние между границами текста и обрезом листа должно составлять: слева - не менее 25 мм, сверху и снизу - не менее 10 мм, справа - не менее 5 мм. Цитируемый текст следует сопровождать ссылками на литературные источники [1], нормативные документы и законодательные акты. Желательно текст дополнять эскизами, схемами и рисунками.

По общему графику выполнения дипломного проекта на разработку рассматриваемых разделов отводится от двух до трех недель. В течении этого времени студент-дипломник обязан выполнить необходимые инженерные расчеты в виде отдельных разделов пояснительной записки. На защите проекта слушатель должен доложить о содержании этих разделов. **Не позднее чем за 5 дней** до предварительной защиты на выпускающей кафедре титульный лист пояснительной записки дипломного проекта (работы) представляется для подписания преподавателю-консультанту.

Содержание раздела «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуациях»

В разделе должны быть рассмотрены:

1.1.1 Общие сведения о чрезвычайных ситуациях, характерных для территории Республики Беларусь (техногенные, природные и биологосоциальные, экологические и др.).

1.1.2 Возможные чрезвычайные ситуации на объекте исследования, организация неотложных мероприятий по обеспечению безопасности в условиях чрезвычайной ситуации.

1.1.3 Расчетно-графическая часть.

Пример подраздела «Возможные чрезвычайные ситуации на объекте исследования»:

Объект исследования – Мозырское подземное хранилище газа, расположенное в Мозырском районе Гомельской области РБ в 3,5 км восточнее г.

Мозыря и в 1,5 км севернее деревни Бобренята.

Наиболее вероятными авариями на хранилище газа могут быть:

- пожары и взрывы*
- аварии на электроэнергетических системах*
- чрезвычайные ситуации природного происхождения.*

а) Пожары и взрывы. Наиболее крупными авариями с возникновением пожаров и образованием химически опасных очагов могут быть: прогар змеевика печи с огневым нагревом; выход из строя торцового уплотнения на горячих насосах; разгерметизация трубопроводов, аппаратов, транспортирующих природный газ.

б) Аварии на электроэнергетических системах. На работу объектов завода оказывают влияние различные чрезвычайные ситуации по электроснабжению, как со стороны Мозырской ТЭЦ, так и в госсистеме: при исчезновении напряжения по стороне 110 кВ в системе и со стороны ТЭЦ – остановится береговая насосная станция, в результате чего прекратится подача технической воды на ТЭЦ. При отсутствии воды остановится ТЭЦ.

в) Чрезвычайные ситуации природного происхождения. При грозовой деятельности возможно падение напряжения из-за повреждения воздушной линии 10 кВ, что повлияет на хозяйственное водоснабжение микрорайона и промзоны до ее восстановления. Сильный мороз (от минус 25°С и ниже) будет влиять на работу, так как продукты, содержащие влагу, при низких скоростях их транспортировки по трубопроводам будут замерзать, что повлечет за собой необходимость периодической прокачки трубопроводов и увеличения температуры этих нефтепродуктов. Сильная жара (от плюс 25°С и выше) создает проблему охлаждения продуктов до регламентных температур. Сильные ливневые дожди, превышающие месячные нормы, могут вызвать перелив карт очистных сооружений при их заполнении выше расчетных норм и попадания неочищенных стоков в ручей Добрица и дальше в реки Наровлянка и Припять. Сильные бури, вихревые потоки со скоростью ветра более 25 м/с могут вызвать повреждения металлических дымовых, вентиляционных труб, осветительных мачт, больших проемов остекления.

Основные способы защиты обслуживающего персонала в чрезвычайных ситуациях:

– использование индивидуальных средств защиты органов дыхания (фильтрующие и изолирующие противогазы, респираторы) и средства защиты кожи;

– укрытие в защитных сооружениях в случае серьёзной угрозы военного или стихийного характера (благодаря прочным ограждающим конструкциям, противовзрывным устройствам и клапанам на вентиляционных, выхлопных и других отверстиях осуществляется защита от ударной волны и обломков разрушающихся зданий и сооружений. Эти конструкции защищают также от воздействия проникающей радиации, светового излучения и высоких температур).

– эвакуация в случае крупной аварии, сопровождающейся выбросом в атмосферу большого количества сероводорода и продуктов горения.

1.1.3 Расчетно-графическая часть выдается индивидуально консультантом-преподавателем кафедры химической техники и охраны труда и предусматривает «Расчет зоны детонации и дальности распространения облака взрывоопасной смеси», либо «Взрыв газоздушных смесей в открытом пространстве», либо «Проектирование убежища гражданской обороны с заданным количеством укрываемых».

1.1.3.1 Расчет зоны детонации и дальности распространения облака взрывоопасной смеси

Предприятия газовой отрасли следует рассматривать как источник комплексного и концентрированного воздействия на окружающую среду, прежде всего, через гидро-, лито- и атмосферу. Самый чувствительный экологический урон приносят аварии на этапе транспортировки природного газа.

На долю магистральных газопроводов приходится подавляющее число крупных аварий и отказов во всей газовой промышленности.

Трассы магистральных газопроводов часто проходят по густонаселенным районам с развитой промышленной, транспортной и сельскохозяйственной инфраструктурами. Линейная часть трубопроводов является потенциально опасным объектом и обладает огромным энергетическим потенциалом, способным оказывать значительное негативное воздействие на окружающую среду. Основной причиной аварий на трубопроводах является коррозия (36% всех отказов). В связи с этим особое значение приобретает задача по зонированию территории в полосе прохождения трассы и прогнозированию параметров опасных зон для населения и территорий.

Аварии при разгерметизации газопроводов сопровождаются следующими процессами и событиями: истечением газа до срабатывания отсекающей арматуры (импульсом на закрытие арматуры является снижение давления продукта); закрытием отсекающей арматуры; истечением газа из участка трубопровода, отсеченного арматурой.

В местах повреждения происходит истечение газа под высоким давлением в окружающую среду. На месте разрушения в грунте образуется воронка. Метан поднимается в атмосферу (легче воздуха), а другие газы или их смеси оседают в приземном слое. Смешиваясь с воздухом, газы образуют облако взрывоопасной смеси.

Статистика показывает, что примерно 80% аварий сопровождается пожаром.

Взрывное горение при авариях на газопроводе может происходить по одному из двух режимов

– дефлаграционному или детонационному.

При оперативном прогнозировании принимают, что процесс развивается в *детонационном режиме*.

Дальность распространения облака (рис 1.) взрывоопасной смеси в направлении ветра определяется по эмпирической формуле

$$L = 25 \sqrt{M/W}, \text{ м}$$

где

M - массовый секундный расход газа, кг/с;

25 - коэффициент пропорциональности, имеющий размерность $\text{м}^{3/2} / \text{кг}^{1/2}$;

W - скорость ветра, м/с.

При этом **граница зоны детонации**, ограниченная радиусом r_0 , в результате истечения газа за счет нарушения герметичности газопровода, может быть определена по формуле

$$r_0 = 12,5 \sqrt{M/W}, \text{ м}$$

Массовый секундный расход газа M из газопровода для критического режима истечения, когда основные его параметры (расход и скорость истечения) зависят только от параметров разгерметизированного трубопровода, может быть определен по формуле

$$M = \Psi \cdot F \cdot \mu \sqrt{P_r/V_r}, \text{ кг/с}$$

где

Ψ - коэффициент, учитывающий расход газа от состояния потока (для звуковой скорости истечения $\Psi=0,7$);

F - площадь отверстия истечения, принимаемая равной площади сечения трубопровода, м^2 ;

μ - коэффициент расхода, учитывает форму отверстия ($\mu = 0,7 \dots 0,9$), в расчетах принимается $\mu = 0,8$;

P_r - давление газа в газопроводе, Па;

V_r - удельный объем транспортируемого газа при параметрах в газопроводе, определяется по формуле:

$$V_r = R_0 \frac{T}{P_r}, \text{ м}^3 / \text{кг}$$

где

T - температура транспортируемого газа, К;

R_0 - удельная газовая постоянная, определяемая по данным долевого состава газа q_k и молярным массам компонентов смеси из соотношения

$$R_0 = 8314 \sum_{i=1}^n q_k / m_k, \text{ Дж} / (\text{кг} \times \text{К})$$

где

8314 - универсальная газовая постоянная, Дж / (кмоль×К);

m_k - молярная масса компонентов, кг/кмоль;

n - число компонентов.

При прогнозировании последствий случившейся аварии на газопроводе зону детонации принимают с учетом направления ветра, считая, что граница зоны детонации распространяется от трубопровода по направлению ветра на расстояние $2r_0$ (рис. 1). В случае заблаговременного прогнозирования зона детонации определяется в виде полос вдоль всего трубопровода шириной $2r_0$, расположенных с каждой из его сторон. Это связано с тем, что облако взрывоопасной смеси может распространяться в любую сторону от трубопровода, в зависимости от направления ветра.

Давление во фронте воздушной ударной волны на различном расстоянии от газопровода определяется с использованием данных табл. 1 (где r - расстояние от центра взрыва до рассматриваемой точки).

Таблица 1 - Давление во фронте воздушной ударной волны на различном расстоянии от газопровода

r/r_0	$\Delta P_{\text{ф}}, \text{кПа}$
0 - 1	1700
1,01	1232
1,04	814
1,08	568
1,2	400
1,4	300
1,8	200
2,7	100
3	80
4	50
5	40
6	30
8	20
12	10
20	5

За пределами зоны детонации по обе стороны от трубопровода находятся зоны действия воздушной ударной волны. На плане местности эти зоны также имеют вид полосовых участков вдоль трубопровода.

На планах местности вдоль магистральных нефте- и газопроводов наносятся зоны возможных сильных разрушений, границы которых определяются величиной избыточного давления 50 кПа.

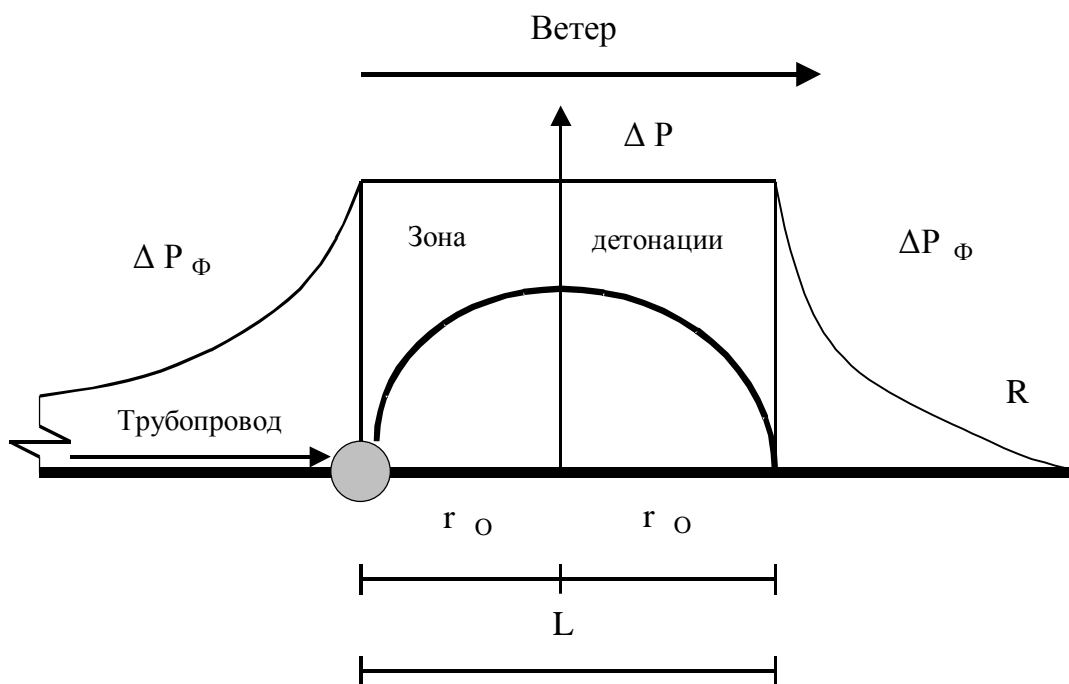


Рис. 1. Расчетная схема к определению давлений при аварии на газопроводе (ΔP - давление в зоне детонации; $\Delta P_{\text{ф}}$ - давление во фронте воздушной ударной волны; r_0 - радиус зоны детонации; R - расстояние от расчетного центра взрыва; 1 - зона детонации; 2 - зона воздушной ударной волны ($R > r_0$))

При проведении оперативных расчетов следует учитывать, что в зависимости от класса магистрального трубопровода, рабочее давление газа P_r может составлять: для газопроводов высокого давления - 2,5 МПа; среднего давления - от 1,2 до 2,5 МПа; низкого давления - до 1,2 МПа. Диаметр газопровода может быть от 150 до 1420 мм.

Температура транспортируемого газа может быть принята в расчетах $t = 40^\circ\text{C}$. Состав обычного газа, при отсутствии данных, может быть принят в соотношении: метан (CH_4) - 90 %; этан (C_2H_6) - 4 %; пропан (C_3H_8) - 2 %; Н-бутан (C_4H_{10}) - 2 %; изопентан - (C_5H_{12}) - 2 %.

При скорости ветра по прогнозу меньше 0,5 м/с зона детонации имеет вид окружности. Радиус окружности равен r_0 .

При скорости ветра по прогнозу 0,6–1 м/с зона детонации имеет вид полуокружности. Угол участка равен 180° , биссектриса угла совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра.

При скорости ветра по прогнозу больше 1 м/с зона детонации имеет вид сектора. Радиус сектора равен $2r_0$, биссектриса сектора совпадает с осью следа облака и ориентирована по направлению ветра. При скорости ветра 1,1–2 м/с угол сектора равен 90° , при скорости более 2 м/с угол сектора составляет 45° .

Пример расчета радиуса зоны детонации r_0

Исходные данные:

$$d = 0,5 \text{ м}; P_r = 1,9 \text{ МПа}; t = 40^0\text{С}; W = 1 \text{ м/с}; \mu=0,8.$$

Расчет:

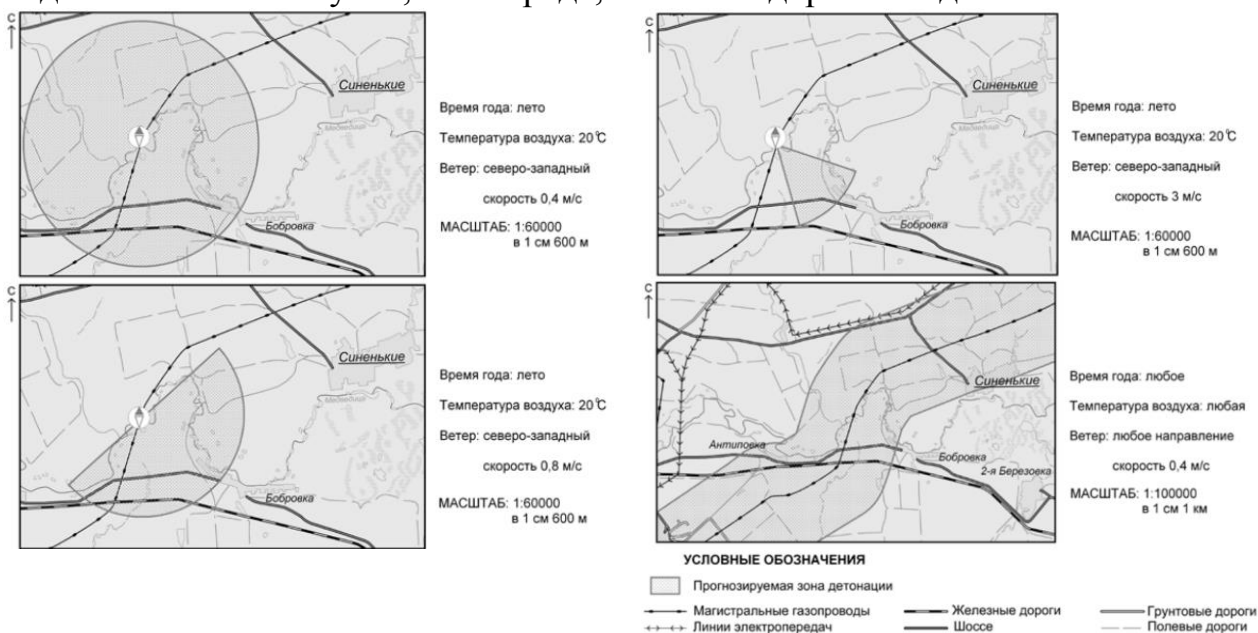
$$1. R_0 = 8314,4 \sum_{k=1}^n q_k / m_k = 8314,4 \left(\frac{0,9}{16} + \frac{0,04}{30} + \frac{0,02}{44} + \frac{0,02}{58} + \frac{0,02}{72} \right) = 486 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

$$2. V_r = R_0 \frac{T}{P_r} = \frac{486 \cdot (273 + 40)}{1,9 \cdot 10^6} = 0,08 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$3. M = \mu \cdot F \cdot \Psi \sqrt{P_2 / V_2} = 0,8 \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \cdot 0,7 \sqrt{\frac{1,9 \cdot 10^6}{0,08}} = 536 \text{ кг/с}.$$

$$4. r_0 = 12,5 \sqrt{M/W} = 12,5 \sqrt{536/1} = 289 \text{ м}.$$

5. После выполнения расчета произвести наложение облака взрывоопасной смеси, радиус которых был рассчитан, на модельный участок. Проанализировать полученные результаты: при данном направлении ветра во время аварии на газопроводе в зону распространения облака взрывоопасной смеси попадет населенный пункт, автострада, железная дорога и т.д.



При заблаговременной оценке обстановки вдоль трассы магистрально-го газопровода выделяют, как правило, четыре полосовых участка параллельно газопроводу (с каждой стороны). Эти полосовые участки соответствуют характерным зонам разрушений, приведенным в таблицах 2 и 3.

Табл. 2-Классификация зон разрушения

ΔP_{ϕ} , кПа	Зона разрушения	Действие на здания и сооружения	Травмирующее действие на человека
> 50	полных разрушений	разрушаются все основные элементы зданий, сооружений	Тяжелое (сильная контузия всего организма, потеря сознания, возможно повреждение внутренних органов и т.д)
30-50	сильных разрушений	разрушаются несущие конструкции, перекрытия верхних этажей, перекрытия нижних этажей деформируются, часть стен разрушается. Восстановление таких зданий нецелесообразно.	Среднее (вывихи конечностей, контузия головы, повреждение органов слуха, кровотечение из носа и ушей)
20-30	средних разрушений	разрушаются встроенные элементы внутренних перегородок, окна, двери, кровля, появляются трещины в стенах не только верхних этажей, происходит обрушение отдельных участков этажей. Эти здания нуждаются в капитальном ремонте	Легкое (звон в ушах, головокружение, головная боль)
< 20	слабых разрушений	разрушаются окна и двери, лёгкие перегородки, частично кровля, появляются трещины в стенах верхних этажей. Здания подлежат текущему ремонту.	Легкое (звон в ушах, головокружение, головная боль)

Табл. 3-Степени разрушения зданий от избыточного давления при взрывах горючих смесей

Типы зданий	Степени разрушения и избыточные давления, кПа			
	слабые	средние	сильные	полные
Кирпичные и каменные: малоэтажные многоэтажные	8 - 20	20 - 35	35 - 50	50 - 70
	8 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60
Железобетонные крупнопанельные: малоэтажные многоэтажные	10 - 30	30 - 45	45 - 70	70 - 90
	8 - 25	25 - 40	40 - 60	60 - 80
Железобетонные монолитные: многоэтажные повышенной этажности	25 - 50	50 - 115	115 - 180	180 - 250
	25 - 45	45 - 105	105 - 170	170 - 215
Железобетонные крупнопанельные с железобетонным и металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью, в тоннах: до 50 от 50 до 100	5 - 30	30 - 45	45 - 75	75 - 120
	15 - 45	45 - 60	60 - 90	90 - 135
Здания со стенами типа " Сэндвич " и крановым оборудованием грузоподъемностью до 20 тонн	10 - 30	30 - 50	50 - 65	65 - 105
Складские помещения с металлическим каркасом и стенами из листового металла	5 - 10	10 - 20	20 - 35	35 - 45

1.1.3.2 Взрыв газоздушных смесей в открытом пространстве

С целью проведения расчетов с гарантированным запасом по объему инженерно-спасательных работ, при обосновании исходных данных принимают такой случай разрушения резервуара, чтобы образовавшийся при этом взрыв газоздушной смеси произвел максимальное поражающее воздействие. Этот случай соответствует разрушению того резервуара, в котором хранится максимальное количество горючего вещества на рассматриваемом объекте.

Кратко рассмотрим модели воздействия, определяющие поля поражающих факторов (давлений) при прогнозировании последствий взрывов газоздушных смесей.

При взрыве газоздушных смесей (ГВС) различают две зоны действия: детонационной волны – в пределах облака ГВС и воздушной ударной волны - за пределами облака ГВС. В зоне облака действует детонационная волна, избыточное давление во фронте которой принимается постоянным в пределах облака ГВС и приблизительно равным $\Delta P = 17 \text{ кгс/см}^2$ (1,7 МПа).

В расчетах принимают, что зона действия детонационной волны ограничена радиусом r_0 , который определяется из допущения, что ГВС после разрушения емкости образует в открытом пространстве полусферическое облако.

Объем полусферического облака может быть определен по формуле

$$V = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot r_0^3, \text{ м}^3,$$

где

$$\pi = 3,14.$$

Учитывая, что киломоль идеального газа при нормальных условиях занимает $22,4 \text{ м}^3$, объем образовавшейся ГВС при аварийной ситуации составит

$$V = \frac{22,4 \cdot k \cdot Q \cdot 100}{m_k \cdot C}, \text{ м}^3,$$

где

k - коэффициент, учитывающий долю активного газа (долю продукта, участвующего во взрыве);

Q - количество сжиженных углеводородных газов в хранилище до взрыва, кг;

m_k - молярная масса газа, кг/кмоль.

C - стехиометрическая концентрация газа в % по объему (табл. 4);

Концентрация газа стехиометрического состава – концентрация горючего газа в смеси с окислительной средой, при которой обеспечивается полное без остатка химическое взаимодействие горючего и окислителя смеси.

При сгорании газовой смеси стехиометрического состава образуются только конечные продукты реакции горения и выделившаяся теплота их сгорания не расходуется на нагревание несгоревших окислителя или горючего – последних не образуется. По этой причине продукты сгорания нагреваются до максимальной температуры.

Табл.4. Характеристики газопаровоздушных смесей

Вещество, характеризующее смесь	Формула вещества, образующего смесь	Характеристики смеси			
		m_k кг/кмоль	$\rho_{стх}$, кг/м ³	$Q_{стх}$, МДж/кг	C , об. %
Газовоздушные смеси					
Аммиак	CH_3	15	1,180	2,370	19,72
Ацетилен	C_2H_2	26	1,278	3,387	7,75
Бутан	C_4H_{10}	58	1,328	2,776	3,13
Бутилен	C_4H_8	56	1,329	2,892	3,38
Винилхлорид	C_2H_3Cl	63	1,400	2,483	7,75
Водород	H_2	2	0,933	3,425	29,59
Дивинил	C_4H_6	54	1,330	2,962	3,68
Метан	CH_4	16	1,232	2,763	9,45
Оксид углерода	CO	28	1,280	2,930	29,59
Пропан	C_3H_8	44	1,315	2,801	4,03
Пропилен	C_3H_6	42	3,314	2,922	4,46
Этан	C_2H_6	30	1,250	2,797	5,66
Этилен	C_2H_4	28	1,285	3,010	6,54
Паровоздушные смеси					
Ацетон	C_3H_6O	58	1,210	3,112	4,99
Бензин		94	1,350	2,973	2,10
Бензол	C_6H_6	78	1,350	2,937	2,84
Гексан	C_6H_{14}	86	1,340	2,797	2,16
Дихлорэтан	$C_2H_4Cl_2$	99	1,49	2,164	6,54
Диэтиловый эфир	$C_4H_{10}O$	74	1,360	2,840	3,38
Ксилол	C_6H_{10}	106	1,355	2,830	1,96
Метанол	CH_4O	32	1,300	2,843	12,30
Пентан	C_5H_{12}	72	1,340	2,797	2,56
Толуол	C_7H_8	92	1,350	2,843	2,23
Циклогексан	C_6H_{12}	84	1,340	2,797	2,28
Этанол	C_2H_6O	46	1,340	2,804	6,54

Из условия равенства полусферы и объема образовавшейся смеси, получим

$$r_0 \approx 10 \cdot 3 \sqrt{\frac{Q \cdot k}{m_k \cdot C}}, \text{ м.}$$

При подстановке значений для метана $m_k = 16$ и $C = 9.45$ (см. табл. 4), получим формулу:

$$r_0 = 18,5 \cdot \sqrt[3]{k \cdot Q}, \text{ м,}$$

где Q - количество метана до взрыва в тоннах.

Эта формула получила широкое распространение при проведении расчетов по определению последствий взрывов для углеводородных газов.

Значение коэффициента k принимают в зависимости от способа хранения продукта:

$k = 1$ - для резервуаров с газообразным веществом;

$k = 0,6$ - для газов, сжиженных под давлением;

$k = 0,1$ - для газов, сжиженных охлаждением (хранящихся в изотермических емкостях);

$k = 0,05$ - при аварийном разливе легко воспламеняющихся жидкостей.

Зона действия воздушной ударной волны (ВУВ) начинается сразу за внешней границей облака ГВС. Давление во фронте ударной волны ΔP_ϕ зависит от расстояния до центра взрыва и определяется по рис.2 или таблице 1, исходя из соотношения $\Delta P_\phi = f(r / r_0)$, где r - расстояние от центра взрыва до рассматриваемой точки. Таблица 1 и рис.2 аппроксимируют известные формулы, характеризующие зависимость давления от расстояния до центра взрыва.

Пример расчета. Взрыв облака ГВС, образованного при разрушении резервуара с 10^6 кг сжиженного пропана.

Исходные данные: $Q=10^6$ кг; $K=0,6$; $m_k=44$; $C=4,03\%$. Определить давление ударной волны на расстоянии $r=200$ м от центра взрыва.

Расчет:

$$1. r_0 = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q \cdot k}{m_k \cdot C}} = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{10^6 \cdot 0,6}{44 \cdot 4,03}} = 150 \text{ м.}$$

$$2. \frac{r}{r_0} = \frac{200}{150} = 1,3.$$

$$3. \text{ При } \frac{r}{r_0} = 1,3 \text{ по табл. 6.1 } \Delta P_\phi = 350 \text{ кПа (3,5 кгс/см}^2\text{).}$$

Пример работы с таблицей:

1. Определить r_0 и значения $\Delta P_{\phi в}$ на расстоянии 100 м при разлитии и взрыве ГВС $Q=1000$ кг. На пересечении вертикальной линии $r=100$ м с горизонтальной $Q=1000$ кг получим точку A_1 , соответствующую $\Delta P_{\phi в} = 0,25$ кгс/см²; $r_0=15,6$ м.

2. Определить значение Q , при котором объект, выдерживающий нагрузку $\Delta P_\phi = 0,3$ кгс/см², и удаленный на 60 м не будет разрушен. На пересечении вертикальной линии $r = 60$ м с наклонной $\Delta P_\phi = 0,3$ кгс/см² получим точку A_2 , соответствующую $Q = 320$ кг

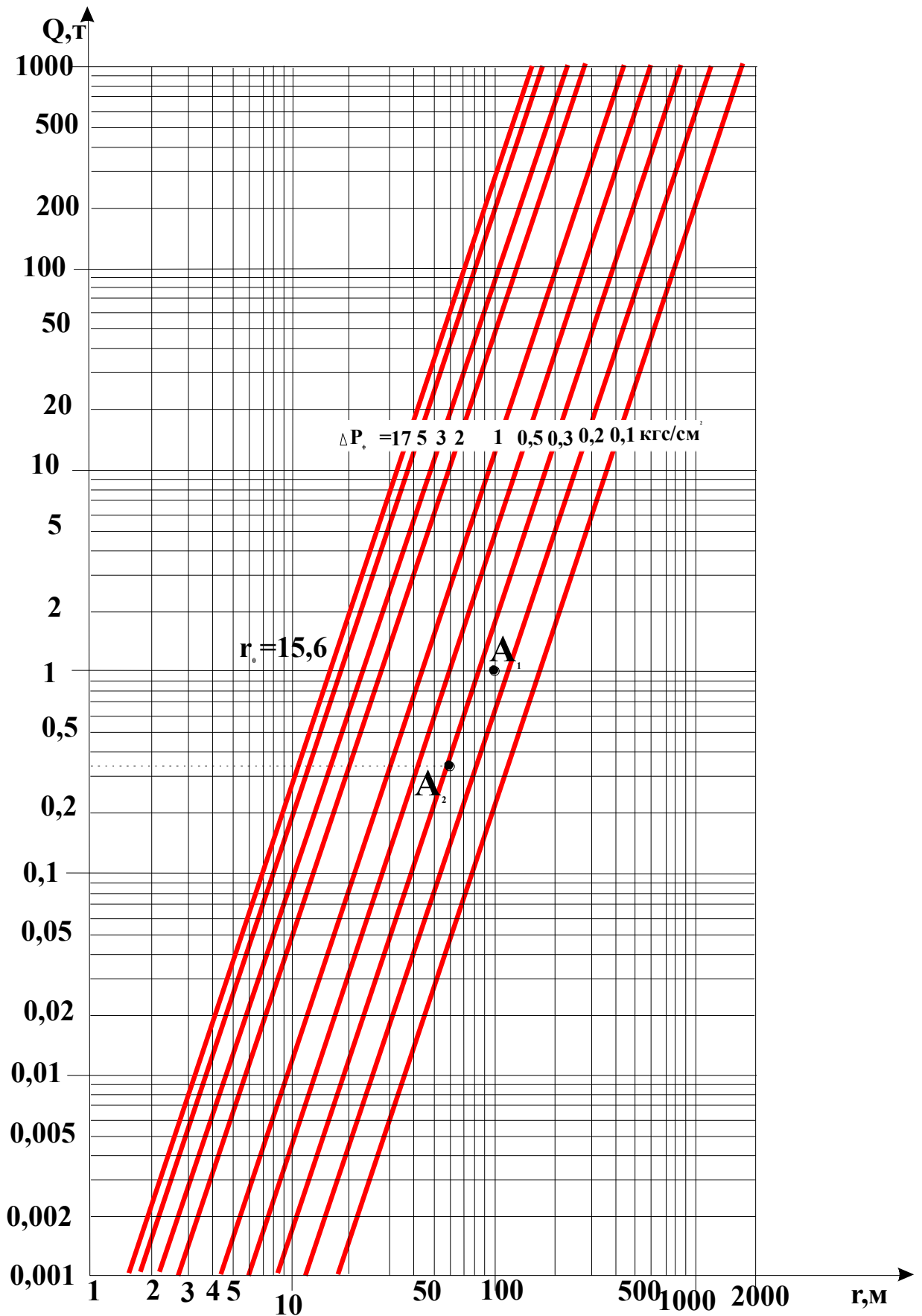


Рис. 2. Изменение значений $\Delta P_{\text{фв}}$ (кгс/см²) при взрыве пропанобутановых ГВС в зависимости от массы сжиженного газа Q (кг) и расстояния r (м)

1.1.3.3 Проектирование убежища гражданской обороны

В случае войны с применением оружия массового поражения люди могут оказаться в зоне радиоактивного, химического и биологического заражения, что обуславливают необходимость укрытия их в убежище гражданской обороны. Для обеспечения безопасности людей на объекте исследования произведен расчет убежища средней вместимости, которое в случае аварийной ситуации может обеспечить безопасное пребывание людей в количестве N человек.

Благодаря конструкции убежища осуществляется защита от ударной волны и обломков разрушающихся зданий и сооружений, от воздействия проникающей радиации, светового излучения и высоких температур. Для защиты от отравляющих и аварийно химически опасных веществ, биологических средств и радиоактивной пыли убежища герметизируют и оснащают фильтровентиляционным оборудованием, которое очищает наружный воздух, распределяет его по отсекам и создаёт в убежище избыточное давление (подпор), препятствующее проникновению зараженного воздуха через микротрещины в ограждающих конструкциях.

Пример выполнения расчетно-графического (см. также [1, ст. 294-296]), при количестве укрываемых $N=335$ человек:

1) Примем высоту проектируемого убежища $h = 2,9$ м (принято максимальное значение высоты, поскольку планируется трехъярусное расположение нар), исходя из этого норма площади основного помещения на одного укрываемого $0,4 \text{ м}^2/\text{чел}$ (см. табл.5).

Табл.5 Требования к защитным сооружениям гражданской обороны

Основные требования	Норма
1. Площадь пола основного помещения на одного человека, м^2 , при высоте помещения:	
2,15 м	0,6
2,15 – 2,9 м	0,5
2,9 м	0,4
2. Внутренний объем помещения на одного человека, м^3	1,5
3. Место для сидения на одного человека, м	0,45x0,45
4. Место для лежания на одного человека, м	1,8x0,55
5. Площадь вспомогательных помещений на одного человека, м^2 без автономных систем водо-, электрообеспечения	0,12
с автономными системами водо-, электрообеспечения при вместимости	
до 600 чел.	0,23
600 – 1200 чел.	0,22
более 1200 чел.	0,20
6. Площадь медпункта при вместимости 900 – 1200 чел., м^2	9
7. Санпост на каждые 500 чел., м^2	2
8. Площадь помещения на 1 комплект ФВК-1 (ФВК-2), м^2	9 – 12
9. Площадь помещений под ДЭС, м^2	16 – 20
10. Концентрация углекислого газа не более, %	1
11. Относительная влажность воздуха не более, %	70
12. Температура воздуха в убежище не более, $^{\circ}\text{C}$	23

2) Определим требуемую площадь пола основных помещений для размещения работников в убежище гражданской обороны с трехъярусным расположением нар. Принимается, что весь персонал будет укрыт в одном убежище на 335 человек:

$$S_{\text{осн}} = S_{\text{н}} \cdot n,$$

где

$S_{\text{н}}$ – норма площади основного помещения на одного укрываемого, $\text{м}^2/\text{чел}$;
 n – количество укрываемых, *чел*.

$$S_{\text{осн}} = 0,4 \cdot 335 = 134 \text{ м}^2$$

3) Определим площадь пола вспомогательных помещений:

$$S_{\text{всп}} = S_{\text{нв}} \cdot n,$$

где

$S_{\text{нв}}$ – норма площади вспомогательных помещений на одного укрываемого, $\text{м}^2/\text{чел}$, равная $0,23 \text{ м}^2/\text{чел}$ при вместимости до 600 чел. (см. табл.1).

$$S_{\text{всп}} = 0,23 \cdot 335 \approx 77 \text{ м}^2$$

4) Определим общую площадь убежища:

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{осн}} + S_{\text{всп}},$$

$$S_{\text{общ}} = 134 + 77 = 211 \text{ м}^2$$

5) Проведем проверку соответствия объёма помещений требованиям норм ($V=1,5 \text{ м}^3/\text{чел}$):

$$V = \frac{S_{\text{общ}} \cdot h}{n} = \frac{211 \cdot 2,9}{335} = 1,827 \text{ м}^3/\text{чел} > 1,5 \text{ м}^3/\text{чел},$$

Объем помещения требуемый для укрытия одному человеку исходя из расчетов составляет $1,827 \text{ м}^3/\text{чел}$, что больше установленного нормами $1,5 \text{ м}^3/\text{чел}$ т.е. условие выполняется.

б) Определим длину убежища:

$$L = \frac{S_{\text{общ}}}{B} = \frac{211}{12} \approx 18 \text{ м},$$

где

B – ширина убежища, принимается кратной 6, т.е. 6, 12, 18 м и т. д. принимаем равной 12 м.

7) Необходимое количество филтровентиляционных комплексов определим исходя из требуемой производительности вентиляции воздуха для режима:

а) чистой вентиляции:

$$W_B = n \cdot W_{\text{н}},$$

где

$W_{\text{н}}$ – норма подачи воздуха на 1 чел. в час ($8 \text{ м}^3/\text{ч}$ на чел.)

$$W_B = 335 \cdot 8 = 2680 \text{ м}^3/\text{ч}$$

б) фильтрации:

$$W_{\phi} = n \cdot W_{\text{нф}},$$

где

$W_{\text{нф}}$ – норма подачи воздуха на 1 чел. в час ($2 \text{ м}^3/\text{ч}$ на чел.)

$$W_{\phi} = 335 \cdot 2 = 670 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Согласно данным табл.6 для обеспечения людей в проектируемом убежище воздухом необходимо 3 фильтровентиляционных комплекса ФВК-1.

Табл.6-Технические характеристики фильтровентиляционных комплектов

Название	Производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$	
	в режиме вентиляции	в режиме фильтровентиляции
Комплект ФВК-1, ФВК-2	1200	300
Фильтровентиляционный комплект ФВА-49:		
с одним фильтром ФП-100у	450	100
с двумя фильтрами ФП-100у	450	200
с тремя фильтрами ФП-100у	450	300

8) Определим объём ёмкости для аварийного запаса воды на одни сутки:

$$N_{\text{вод}} = n \cdot W_{\text{вод}} \cdot c,$$

где

$W_{\text{в}}$ – норма обеспечения водой одного укрываемого в сутки (3 л в сутки).

$$N_{\text{вод}} = 335 \cdot 3 \cdot 1 = 1005 \text{ л}$$

9) Определим объём ёмкости для сбора фекальных вод:

$$N_{\text{фв}} = n \cdot W_{\text{фв}} \cdot c = 335 \cdot 2 \cdot 1 = 670 \text{ л}$$

где $W_{\text{фв}}$ – норма сточных вод на одного укрываемого в сутки (2 л в сутки)

10) Определим необходимое количество умывальников:

$$N_{\text{ум}} = \frac{n}{W_{\text{ум}}} = \frac{335}{200} = 1,675 \approx 2 \text{ шт}$$

где $W_{\text{у}}$ – норма количества умывальников – один на 200 человек, но не менее одного на санузел.

11) Определим необходимого количества унитазов для расчётного количества женщин:

$$N_{\text{ун}} = \frac{n \cdot \eta_{\text{ж}}}{W_{\text{ун}}},$$

где

$\eta_{\text{ж}}$ – доля женщин от всего количества работников;

$W_{\text{ун}}$ – норма количества унитазов на женщин (1 на 75 женщин).

$$N_{\text{ун}} = \frac{335 \cdot 0,3}{75} = 1,34 \approx 2 \text{ шт}$$

12) Определим необходимое количество санитарных комплектов (унитаз и писсуар) для расчётного количества мужчин:

$$N_{\text{компл}} = \frac{n \cdot \eta_m}{W_{\text{компл}}},$$

где

η_m – доля мужчин от всего количества работников;

$W_{\text{компл}}$ – норма количества комплектов на мужчин (1 на 150 мужчин).

$$N_{\text{компл}} = \frac{335 \cdot 0,7}{150} = 1,563 \approx 2 \text{ шт}$$

13) Определим толщину стен убежища:

$$h = \frac{d_{\text{пол}} \cdot \ln K_{\text{осл}}}{0,693} = \frac{5,6 \cdot \ln 1000}{0,693} \approx 56 \text{ см}$$

где $K_{\text{осл}} = 1000$ – коэффициент ослабления для убежищ категории А-IV;

$d_{\text{пол}} = 5,6 \text{ см}$ – толщина слоя половинного ослабления для бетона.

14) Определим необходимое количество входов $N_{\text{вх}}$ в убежище исходя из размера дверного проёма:

$$N_{\text{вх}} = \frac{n}{n_p} = \frac{335}{200} = 1,675 \approx 2$$

где

n_p – расчётное количество укрываемых людей $n_p = 200$ чел для дверного проёма размером $0,8 \times 1,8 \text{ м}$

15) Определим количество мест для лежания n_l при трехъярусном расположении нар:

$$n_l = 0,3 \cdot n \cdot 2 \cdot 335 = 100,5 \approx 101$$

По результатам выше приведенных расчетов вычерчен план убежища, представленный на рис.3. (см. также [1, ст. 249-250]).

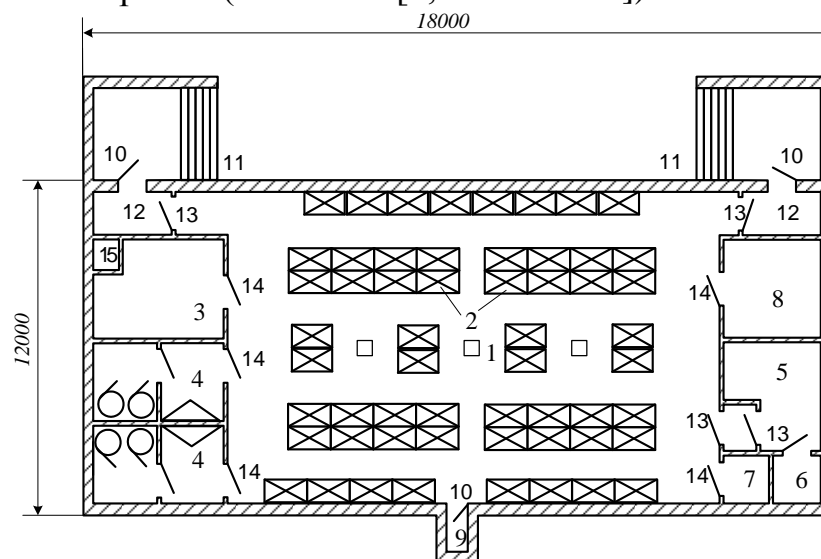


Рис. 3- Планировочное решение встроенного убежища на 335 человек: 1 - помещение для укрываемых; 2 - трехъярусные нары; 3 - фильтровентиляционные помещения; 4 - санитарные узлы; 5 - дизельная электростанция (ДЭС); 6 - склад; 7 - электрощитовая; 8 - помещение для продуктов питания; 9 - галерея и оголовок аварийного выхода; 10 - защитно-герметические двери; 11 - тупиковые входы; 12 - тамбуры; 13 - герметичные двери; 14 – обычные двери; 15 - расширительная камера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калван Э.П. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций: Учеб.-метод. комплекс для студ. технических, финансово-экономических и юридических спец. – 2-е изд., перераб. и доп. / Сост. и общ. ред. Э.П. Калвана. – Новополоцк: ПГУ, 2006. – 360 с.
2. Белов, С. В. Безопасность производственных процессов: Справочник / С. В. Белов, В. Н. Бринза, Б. С. Векшин, и др. – М., 1985.
3. Бесчаснов, М.В. Взрывобезопасность и противоаварийная защита химико-технологических процессов / М.В. Бесчаснов. М., 1983.
4. Бесчаснов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. - М. Химия, 1991.
5. Горячев С.А. Основы технологии, процессов и аппаратов пожаро-взрывоопасных производств. – М., 2002.
6. Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций: учебник : в 3 ч. Ч. 2. Инженерное обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций : в 3 кн. Кн. 2. Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в чрезвычайных ситуациях / под общ. ред. С. К. Шойгу. М., 1998. 166 с.