

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра химической
техники и охраны
труда

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению разделов «Охрана труда и промышленная безопасность» и «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций» в дипломном проекте (работе) для студентов очного и заочного отделений специальности 1-48 01 03 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»

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 охраны труда и промышленной безопасности является обязательная разработка студентами технических вузов при дипломном проектировании раздела «Охрана труда и промышленная безопасность». Кроме того, вопросы охраны труда и промышленной безопасности должны найти отражение и в других частях дипломного проекта (теоретической, технологической и др.).

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 программы по дисциплинам «Охрана труда и промышленная безопасность», «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций» для выполнения соответствующих разделов в дипломном проектировании. В методических указаниях представлены примеры расчетов, справочные данные, рисунки. Для успешного выполнения задания необходимо изучить дисциплины «Охрана труда и промышленная безопасность» и «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций». Рекомендуется последовательное изучение курса и выполнение расчетно-графического задания.

После получения студентом-дипломником задания на дипломное проектирование необходимо связаться с консультантом-преподавателем от кафедры «Химической техники и охраны труда» для выполнения разделов «Охрана труда и промышленная безопасность» и «Защита населения и объектов от ЧС». Для студентов очного и заочного отделений специальности 1-48 01 03 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов» 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** (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.

ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ В ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТЕ

Содержание разделов должны соответствовать основной теме дипломного проекта, быть его органической частью и составлять 8-15 страниц текста пояснительной записки каждый (допускается увеличить объем раздела «Охрана труда и промышленная безопасность» до 25 страниц). 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 *рукописи* 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 и схемами.

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 «ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

Пояснительная записка раздела должна содержать следующие подразделы:

1. Организационные мероприятия по обеспечению охраны труда на объекте исследования.
2. Анализ условий труда на объекте исследования.
3. Производственная санитария и гигиена труда на объекте исследования.
4. Мероприятия по обеспечению электробезопасности на объекте исследования.
5. Пожарная безопасность на объекте исследования.
6. Требования безопасности при проведении работ на объекте исследования.

6.1 Определение категории взрывоопасности технологического блока и зон по уровням опасности возможных разрушений и травмирования персонала

Материал раздела излагается в виде подразделов, соответствующей тематики (например, 1.1,1.2,...6.1).

В подразделе **«Организационные мероприятия по обеспечению охраны труда на объекте исследования»** рассматриваются вопросы: наличие службы охраны труда (специалиста по охране труда), системы управления охраной труда на объекте исследования, организация обучения работников по вопросам охраны труда, проверки знаний, инструктажи, медосмотры, организация периодического контроля за состоянием охраны труда, допуск к самостоятельной работе и др. Привести сведения относительно действующих локальных нормативных правовых актов (инструкции, стандарты, регламенты и др.) на объекте исследования. Наиболее опасные места на объекте исследования. Объем подраздела 1-2 страницы пояснительной записки.

В подразделе **«Анализ условий труда на объекте исследования»** указываются потенциальные опасные и вредные производственные факторы при ведении технологического процесса, эксплуатации установок, оборудования и т.п., наиболее опасные места на объекте исследования. Следует изучить результаты аттестации рабочих мест по условиям труда и карты идентификации опасностей (оценки рисков) на объекте исследования. Объем подраздела не более 1 страницы записки.

К примеру, при эксплуатации на объекте исследования возможны следующие опасности:

- возникновение пожара и взрыва при выбросе в атмосферу нефтепродуктов, при разгерметизации трубопроводов, аппаратов, при работе в загазованной зоне неискробезопасным инструментом или применение не взрывозащищенных светильников, при нарушении правил розжига печей;

- скопление паров нефтепродуктов, углеводородных газов в помещениях, колодцах, лотках, приямах, в опорных частях колонн и емкостей;

- отравление работающих парами нефтепродуктов, углеводородными газами при открытом дренировании аппаратов, а так же в случае аварийной утечки их из оборудования;

- термические ожоги работающих водяным паром, горячей водой, паровым конденсатом, имеющим высокую температуру, или от трубопроводов и оборудования при нарушении изоляции;

- поражение электрическим током;

- взрыв или воспламенение паров нефтепродуктов за счет образования статического электричества при перекачке нефтепродуктов по трубопроводам со скоростью более 1,2 м/сек в случае повреждения заземления или при его отсутствии;

- травмировании работающих вращающимися и движущимися частями оборудования;

- травмирование работающих при падении их с высоты или падающими с высоты предметами.

В подразделе **«Производственная санитария и гигиена труда на объекте исследования»** привести характеристику токсичности и вредного воздействия на организм человека сырья, вспомогательных материалов, полупродуктов, готового продукта и отходов производства: указать предельно-

допустимые концентрации этих веществ в воздухе рабочей зоны, класс опасности, характеристику воздействия на организм человека, порядок оказания доврачебной помощи, средства индивидуальной защиты, которыми следует пользоваться в условиях производства. Охарактеризовать другие характерные *производственные факторы*, кроме химического, а именно: ионизирующие, электромагнитные, лазерные, инфракрасные и ультрафиолетовые излучения; вибрация, шум, ультра- и инфразвуковые колебания; неудовлетворительный состав отрицательных и положительных аэронозов в рабочей зоне; неудовлетворительные метеорологические условия; недостаточность освещения рабочих мест; нерациональная организация рабочих мест и низкие эргономические качества изделий и др. *Рассмотреть предусмотренные на объекте исследования мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия всех производственных факторов*. Объем подраздела до 5 страниц.

В подразделе **«Мероприятия по обеспечению электробезопасности на объекте исследования»** рассмотреть мероприятия для защиты персонала от поражения электрическим током при случайном прикосновении к токоведущим частям, находящимся под напряжением; меры по снижению интенсивности образования зарядов статического электричества и молниезащите. Объем подраздела до 3 страниц пояснительной записки.

В подразделе **«Пожарная безопасность на объекте исследования»** необходимо рассмотреть, каким образом обеспечивается пожарная безопасность объекта исследования (действующие системы предотвращения пожара и противопожарной защитой, противопожарный режим). Привести перечень взрывопожароопасных свойств горючих газов, паров легковоспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей на объекте исследования, способных взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха, друг с другом. Указать категорию помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Рассмотреть организацию работы пожарной безопасности на объекте исследования, эвакуацию работающих, технические средства противопожарной защиты (автоматические системы пожарной сигнализации, пожаротушения, дымоудаления, оповещения о пожаре, внутреннего и наружного противопожарного водоснабжения и др.). Объем подраздела до 4 страниц пояснительной записки.

В подразделе **«Требования безопасности при проведении работ на объекте исследования»** в зависимости от темы дипломного проекта может освещаться: комплекс мер по безопасной эксплуатации установки (объекта исследования), обеспечения взрыво- и пожаробезопасности производства, организация безопасного ведения технологического процесса, требования безопасности при ремонте и эксплуатации конкретного аппарата или оборудования, требования безопасности при эксплуатации сосудов работающих под давлением, работе под вакуумом, на открытом воздухе, на высоте, требования безопасности при выполнении газоопасных работ или огневых работ, при работе с грузоподъемными механизмами. Объем подраздела до 15 страниц пояснительной записки (с пунктом 6.1).

Для выполнения расчетно-графической части по определению категории взрывоопасности технологического блока и зон по уровням опасности возможных разрушений и травмирования персонала индивидуальное задание выдается консультантом-преподавателем кафедры химической техники и охраны труда. Выдача задания производится на основании предъявленной студеном-дипломником технологической схемы, описания технологического процесса, а также с учетом предложений по обеспечению взрывобезопасности технологического процесса, составленных по итогам преддипломной практики.

В качестве основных источников информации (исходных данных) для выполнения задания рекомендуется использовать данные, полученные при выполнении технологической части дипломного проекта, «Промышленный технологический регламент установки», «Декларацию промышленной безопасности» и «План локализации и ликвидации инцидентов и аварий на установке». В научно-исследовательских дипломных работах, выполняемых в лабораториях на базе УО «ПГУ», а также дипломных работах, предусматривающих разработку программного обеспечения пункт 6.1 не выполняется.

***Пример выполнения расчетно-графического задания раздела
«Охрана труда и промышленная безопасность»***

Определение категории взрывоопасности технологического блока и зон по уровням опасности возможных разрушений и травмирования персонала

Каждый технологический процесс должен быть оценен с точки зрения уровня его взрывоопасности. При расчете значений критериев взрывопожарной опасности в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором во взрыве участвует наибольшее количество веществ или материалов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва.

Произведем количественную оценку взрывоопасности ректификационной колонны распложенной на открытом пространстве в соответствии с ТКП 506-2013 (02300) «Взрывобезопасность химических производств и объектов. Общие требования», определим для данного технологического объекта:

- общий энергетический потенциал взрывоопасности;
- относительный энергетический потенциал;
- приведенную массу;
- категорию взрывоопасности;
- зоны возможных разрушений и травмирования персонала.

Общий энергетический потенциал взрывоопасности технологического объекта, стадии, блока E (кДж) характеризуется суммой энергий адиабатического расширения парогазовой фазы, полного сгорания имеющихся и обра-

зующихся из жидкости паров за счет внутренней и внешней (окружающей среды) энергий при аварийной разгерметизации технологической системы:

$$E = E_1' + E_2' + E_1'' + E_2'' + E_3'' + E_4''$$

где

E – собственно общий энергетический потенциал, искомая величина, кДж;

E_1' – сумма энергий адиабатического расширения и полного сгорания ПГФ, находящейся непосредственно в технологическом блоке, кДж;

E_2' – энергия сгорания ПГФ, поступившей к разгерметизированному участку от смежных объектов, кДж;

E_1'' – энергия сгорания ПГФ, образующейся за счет энергии перегретой ЖФ рассматриваемого блока и поступившей от смежных объектов, кДж;

E_2'' – энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет тепла экзотермических реакций, не прекращающихся при разгерметизации, кДж;

E_3'' – энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет теплопритока от внешних теплоносителей, кДж;

E_4'' – энергия сгорания ПГФ, образующейся из пролитой на твердую поверхность (пол, поддон, грунт и т.п.) ЖФ за счет теплоотдачи от окружающей среды (от твердой поверхности и воздуха к жидкости по ее поверхности), кДж.

6.1 Расчет общего энергетического потенциала

Сумма энергий адиабатического расширения A (кДж) и сгорания пирогаза, находящейся непосредственно в аварийном аппарате (колонне К-1) рассчитывается по формуле:

$$E_1' = A + G_1' \cdot q', \quad (1)$$

где A – энергия адиабатического расширения парогазовой фазы, находящейся непосредственно в аварийном аппарате, кДж, рассчитывается по формуле:

$$A = \beta_1 \cdot P' \cdot V', \quad (2)$$

где β_1 – безразмерный коэффициент, зависящий от показателя адиабаты и давления в системе, выбираем по таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициента β_1 для ПГФ

Величина показателя адиабаты	Абсолютное давление в системе, МПа									
	0,07 - 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 5,0	5,0 - 10,0	10,0 - 20,0	20,0 - 30,0	30,0 - 40,0	40,0 - 50,0	50,0 - 75,0	75,0 - 100,0
1,1	1,60	1,95	2,95	3,38	3,80	4,02	4,16	4,28	4,46	4,63
1,2	1,40	1,53	2,13	2,68	2,94	3,07	3,16	3,23	3,36	3,42
1,3	1,21	1,42	1,97	2,18	2,36	2,44	2,50	2,54	2,62	2,65
1,4	1,08	1,24	1,68	1,83	1,95	2,00	2,05	2,08	2,12	2,15

Т.к. сырьем является фракция с числом атомов пять, величину показателя адиабаты k принимаем равным 1,1, по таблице выбираем значение коэффициента β_1 равное 1,60.

P' – абсолютное давление в колонне, 0,2МПа;

V' – объем, занимаемый парогазовой фазой в колонне, m^3 , находится как разность между всем объемом колонны и объемом колонны занятым жидкой фазой:

$$V' = V_{\text{ап}} - V_{\text{ж}}, \quad (3)$$

где

$V_{\text{ап}}$ – весь объем аппарата, $400 m^3$;

$V_{\text{ж}}$ – объем аппарата, занятый жидкой фазой, m^3 :

$$V_{\text{ж}} = V_{\text{нас}} + V_{\text{жк}} + V_{\text{жт}}, \quad (4)$$

где

$V_{\text{нас}}$ – объем занимаемый жидкой фазой на насадке:

$$V_{\text{нас}} = 0,02 \cdot \pi \cdot r_{\text{к}}^2 \cdot h_{\text{нас}}, \quad (5)$$

где

0,02 – средний уровень жидкости на $1 m^3$ насадки;

$r_{\text{к}}$ – радиус колонны, 3 м;

$h_{\text{нас}}$ – высота насадки, 1,5 м.

$V_{\text{жк}}$ – объем, занимаемый жидкой фазой в кубе колонны:

$$V_{\text{жк}} = V_{\text{цл}} + V_{\text{сф}}, \quad (6)$$

где

$V_{\text{цл}}$ – объем, занимаемый жидкой фазой в цилиндрической части куба колонны:

$$V_{\text{цл}} = \pi \cdot r_{\text{к}}^2 \cdot h_{\text{ж}}, \quad (7)$$

где

$h_{\text{ж}}$ – средний уровень жидкой фазы в цилиндрической части колонны, 3,0 м.

$V_{\text{сф}}$ – объем, занимаемый жидкой фазой в сферической части куба колонны:

$$V_{\text{сф}} = \frac{4}{3} \pi \cdot \frac{r_{\text{к}}^3}{2}, \quad (8)$$

$V_{\text{жт}}$ – объем, занимаемый жидкой фазой на тарелках колонны:

$$V_{\text{жт}} = \pi \cdot r_{\text{к}}^2 \cdot h_{\text{т}} \cdot n, \quad (9)$$

где

$h_{\text{т}}$ – средний уровень жидкой фазы на одной тарелке колонны, 0,05 м;

n – количество тарелок в колонне, 48 штук.

Тогда объем, занимаемый жидкой фазой на тарелках колонны:

$$V_{\text{жт}} = 3,14 \cdot 3^2 \cdot 0,05 \cdot 15 = 21,195 m^3;$$

объем, занимаемый жидкой фазой в сферической части куба колонны:

$$V_{\text{сф}} = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot \frac{3^3}{2} = 56,520 m^3;$$

объем, занимаемый жидкой фазой в цилиндрической части куба колонны:

$$V_{\text{цл}} = 3,14 \cdot 3^2 \cdot 3 = 84,78 \text{ м}^3;$$

объем, занимаемый жидкой фазой в кубе колонны:

$$V_{\text{жк}} = V_{\text{цл}} + V_{\text{сф}} = 84,780 + 56,520 = 141,3 \text{ м}^3;$$

объем занимаемый жидкой фазой на насадке:

$$V_{\text{нас}} = 0,02 \cdot 3,14 \cdot 3^2 \cdot 1,5 = 0,85 \text{ м}^3;$$

объем занимаемый парогазовой фазой в колонне:

$$V' = V_{\text{ап}} - (V_{\text{нас}} + V_{\text{жк}} + V_{\text{жт}}) = 435 - (0,85 + 141,3 + 21,195) = 271,655 \text{ м}^3.$$

Значение энергии адиабатического расширения ПГФ:

$$A = \beta_1 \cdot P' \cdot V' = 1,60 \cdot 0,20 \cdot 271,655 = 86,930 \text{ кДж}.$$

G'_1 – масса парогазовой фазы в рабочих условиях, находящейся в колонне, кг, рассчитываем по формуле Менделеева-Клайперона:

$$G'_1 = \frac{M \cdot V \cdot P}{R \cdot T}, \quad (10)$$

где

M – молярная масса парогазовой фазы, 80 кг/кмоль;

V – объем, занимаемый парогазовой фазы в колонне, м^3 ;

P – абсолютное давление в колонне, кПа;

R – универсальная газовая постоянная, 8,31 кДж/(кмоль · К);

T – абсолютная температура в колонне, $150^\circ\text{C} = 423 \text{ К}$.

$$G'_1 = \frac{M \cdot V \cdot P}{R \cdot T} = \frac{80 \cdot 271,655 \cdot 200}{8,31 \cdot 423} = 1236,506 \text{ кг}$$

q' – удельная теплота сгорания парогазовой фазы, кДж/кг, находится по формуле:

$$q' = \sum (q_i \cdot y'_i), \quad (11)$$

где

q_i – удельная теплота сгорания i -го компонента парогазовой фазы, кДж/кг, принимаем по справочнику

y'_i – объемной доля i -го компонента ПГФ:

Таблица 2 – Расчёт удельной теплоты сгорания парогазовой фазы

Компненты	q'_i , кДж/кг	y'_i	q' , кДж/кг
H_2	142980	0,0100	1429,800
CH_4	55730	0,1560	8693,880
C_2H_2	49820	0,0046	229,172
C_2H_4	50240	0,2600	13062,400
C_2H_6	51990	0,0410	2131,590
C_3H_6	52020	0,1456	7574,112
C_3H_8	50370	0,0045	226,665
C_4	49610	0,0863	4281,343
Пиробензин	47061	0,2310	10871,091
СПТ	43483	0,061	2652,463
q'	–	–	51152,516

Сумма энергий адиабатического расширения и сгорания парогазовой фазы:

$$E_1' = 86,930 + 1236,506 \cdot 51152,516 = 63250479,900 \text{ кДж.}$$

Энергия сгорания парогазовой фазы, поступившей к разгерметизированному участку (колонне К-1) от смежных объектов (из трубопровода подачи сырья в К-1),

$$\dot{A}_2' = \sum (G_i' \cdot q_i'), \quad (12)$$

где

$G_{шт\phi}'$ – масса парогазовой фазы, поступившей к разгерметизированному участку от смежных объектов (из трубопровода подачи сырья в К-1), кг;

q_i' – удельная теплота сгорания парогазовой фазы, поступившей к разгерметизированному участку от смежных объектов (из трубопровода подачи сырья в К-1), кДж/кг.

Масса парогазовой фазы, поступившей к разгерметизированному участку от смежных объектов рассчитывается по уравнению:

$$G_i' = w_i' \cdot S_i' \cdot \rho_i' \cdot \tau_i, \quad (13)$$

где

w_i' – скорость истечения (прихода) парогазовой фазы к разгерметизированному участку от смежных объектов (блоков, аппаратов), м/с, рассчитывается по уравнению:

$$w_i' = \sqrt{2\beta_2 \cdot P_{abc} \cdot v_i'}, \quad (14)$$

где β_2 – безразмерный коэффициент, учитывающий давление в трубопроводе и показатель адиабаты (k) парогазовой фазы блока, принимаем по таблице 3.

Таблица 3 – Значения коэффициента β_2 для ПГФ

Величина показателя адиабаты	Абсолютное давление в системе, МПа									
	0,07	0,5	1,0	5,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	75,0
–	–	1,0	5,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	75,0	100,0
0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,1	1,76	2,14	3,25	3,72	4,18	4,42	4,58	4,71	4,91	5,10
1,2	1,68	1,84	2,56	3,21	3,52	3,68	3,79	3,88	4,02	4,10
1,3	1,57	1,85	2,56	2,83	3,07	3,18	3,26	3,30	3,40	3,46
1,4	1,515	1,74	2,35	2,56	2,74	2,805	2,87	2,91	2,97	3,02

Т.к. сырьем является пирогаз, величину показателя адиабаты k принимаем равным 1,1, по таблице выбираем значение коэффициента β_2 равное 1,76.

P_{abc} – абсолютное давление в аварийном блоке, объекте, МПа;

v_i' – объем занимаемый парогазовой фазой в трубопроводе подачи сырья в колонну К-1, м³:

$$v_i' = x_i \cdot \pi \cdot r^2 \cdot L, \quad (15)$$

где

x_i – доля паров в трубопроводе, $x_i = 0,166$;

r – внутренний радиус трубопровода, 0,075 м;

L – длина трубопровода, 3,0 м.

$$v_i' = 0,166 \cdot 3,14 \cdot 0,075^2 \cdot 3,0 = 0,009 \text{ м}^3;$$

Тогда, скорость истечения парогазовой фазы к разгерметизированному участку:

$$w_i' = \sqrt{2 \cdot 1,76 \cdot 0,200 \cdot 0,009} = 0,08 \text{ м/с}.$$

S_i' – площадь сечения, через которое происходит истечение (приход) парогазовой фазы к разгерметизированному участку от смежных объектов (из трубопровода подачи сырья в К-1), м²:

$$S_i' = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 0,075^2 = 0,018 \text{ м}^2; \quad (16)$$

ρ_i' – плотность ПГФ при условиях окружающей среды, кг/м³, находим по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$\rho_i' = \frac{P_{\text{абс}} \cdot M}{R \cdot T} = \frac{200 \cdot 80}{8,31 \cdot 423} = 4,552 \text{ кг/м}^3; \quad (17)$$

τ_i – время от начала истечения (прихода) парогазовой фазы до полного срабатывания отключающей аварийный блок арматуры, сек, принимаем равным 120 секунд, как если бы вероятность отказа системы автоматики превышала 0,000001 в год и не было бы обеспечено резервирование ее элементов;

Тогда, масса ПГФ, поступившей к разгерметизированному участку:

$$G_{\text{ПГФ}}' = 0,08 \cdot 0,018 \cdot 4,552 \cdot 120 = 0,787 \text{ кг}.$$

Энергия сгорания парогазовой фазы поступившей к разгерметизированному участку (колонне К-1) от смежных объектов (из трубопровода подачи сырья в К-1):

$$E_2' = G_{\text{ПГФ}}' \cdot q_i' = 0,787 \cdot 51152,516 = 40235,833 \text{ кДж}.$$

Энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся из жидкой фазы за счет теплопритока от внешних теплоносителей (за счет подачи подогретой флегмы вниз колонны):

$$E_3'' = \frac{q'}{r} \cdot \sum (P_{ii} \cdot \tau_{ii}), \quad (18)$$

где

q' – удельная теплота сгорания образующейся парогазовой фазы, кДж/кг;

r – удельная теплота испарения жидкой фазы, кДж/кг:

$$r = \sum (r_i \cdot y_i') = 303,991 \text{ кДж/кг}$$

P_{ii} – скорость теплопритока к ЖФ от внешних теплоносителей, кДж/сек, найдем по формуле:

$$P_{ii} = W \cdot c_i'' \cdot (t_2 - t_1), \quad (19)$$

где

W – расход греющего потока теплоносителя, 49,5 кг/сек;

c_i'' – удельная теплоемкость жидкой фазы потока теплоносителя, кДж/(кг · К):

$$c_i'' = \sum (c_i \cdot y_i') = 1,657 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К};$$

t_1 – начальная температура потока теплоносителя, 200°C;

t_2 – конечная температура потока теплоносителя, 170°C.

Тогда, скорость теплопритока к жидкой фазе от внешних теплоносителей:

$$P_{ii} = 49,5 \cdot 1,657 \cdot (200 - 170) = 2460,645 \text{ кДж/сек}.$$

τ_{ii} – время с момента начала аварийной работы блока до полного прекращения процесса теплообмена (теплопритока), 300 сек.

Энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся из жидкой фазы за счет теплопритока от внешних теплоносителей:

$$E_3'' = \frac{51152,516}{303,991} \cdot (2460,645 \cdot 300) = 1242126298 \text{ кДж}.$$

Энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся из пролитой на твердую поверхность (пол, фундамент, обваловку и др.) жидкой фазы за счет теплоотдачи от окружающей среды:

$$E_4'' = G_{\Sigma}'' \cdot q', \quad (20)$$

где

$$G_{\Sigma}'' = G_4'' + G_5'', \quad (21)$$

G_4'' – масса ЖФ, испарившейся за счет теплопритока от твердой поверхности, кг, рассчитывается по формуле:

$$G_4'' = 2 \cdot \frac{T_0 - T_k}{r} \cdot \frac{\varepsilon}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{F_{\Pi}}{F_{\text{ж}}} \cdot F_{\text{н}} \cdot \sqrt{t_u}, \quad (22)$$

где

T_0 – температура твердой поверхности пола, К (величина температуры принимается 278,2 К (5,2°C), так как среднегодовая температура окружающей среды по Полоцку составляет около 5,2°C;

T_k – температура кипения горючей жидкости, К;

r – удельная теплота парообразования горючей жидкости, кДж/кг;

ε – коэффициент тепловой активности твердой поверхности, кДж/(м² · °С · √сек);

F_{Π} – площадь контакта жидкости с твердой поверхностью разлива, м²;

$F_{\text{ж}}$ – площадь поверхности зеркала жидкости, м²;

$F_{\text{н}}$ – площадь поддона емкости из которой происходит пролив ЖФ, м²;

t_u – время контакта жидкой фазы с поверхностью разлива, сек.

Так как, $T_K = 423 \text{ K} > T_0 = 278,2 \text{ K}$, то испарения за счет теплопритока от твердой поверхности не происходит и как следствие $G_4'' = 0 \text{ кг}$.

G_5'' – масса жидкой фазы, испарившейся за счет теплопередачи от окружающего воздуха к розлитой жидкости (по зеркалу испарения), кг, рассчитывается по формуле:

$$G_5'' = m_u \cdot F_{\text{ж}} \cdot \tau_u, \quad (23)$$

где

m_u – интенсивность испарения, $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$, рассчитывается по формуле:

$$m_u = 10^6 \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_f, \quad (24)$$

где

η – безразмерный коэффициент, учитывающий условия окружающей среды, (скорость и температуру воздушного потока над зеркалом испарения жидкой фазы) принимается по таблице 3.

Таблица 3 – Значения коэффициента η

Скорость воздушного потока над зеркалом испарения, м/с	Значения коэффициента η при температуре воздуха t , °С				
	10	15	20	30	35
0,0	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

Коэффициента η принимаем равным 1,0.

M – молярная масса паров образовавшихся из жидкой фазы, $\text{кг}/\text{кмоль}$;

P_n – давление насыщенного пара жидкой фазы, 0,0032 МПа;

q' – удельная теплота сгорания ПГФ, $\text{кДж}/\text{кг}$.

Интенсивность испарения:

$$m_u = 10^{-6} \cdot 1 \cdot 8,9 \cdot 0,0032 = 2,8 \cdot 10^{-8} \frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{м}^2};$$

масса жидкой фазы, испарившейся за счет теплопередачи от окружающего воздуха к розлитой жидкости:

$$G_5'' = 2,8 \cdot 10^{-8} \cdot 2000 \cdot 3600 = 0,202 \text{ кг}.$$

Энергия сгорания ПГФ, образующейся из пролитой на твердую поверхность жидкой фазы за счет теплоотдачи от окружающей среды:

$$E_4'' = 0,202 \cdot 51152,516 = 10312 \text{ кДж}.$$

В данном расчете не учитываем:

E_1'' – энергия сгорания ПГФ, образующейся за счет энергии перегретой ЖФ рассматриваемого блока и поступившей от смежных объектов, кДж, поскольку температура при регламентированном режиме в колонне, ниже температуры кипения пирогаза при атмосферном давлении;

E_2'' – энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет тепла экзотермических реакций, не прекращающихся при разгерметизации, кДж;

Общий энергетический потенциал взрывоопасности колонны К-1 равен:

$$E = E_1' + E_2' + E_3'' + E_4'' \quad (25)$$

$$E = 63250479 + 40236 + 1242126298 + 10312 = 1305427326 \text{ кДж}$$

По найденному значению общего энергетического потенциала взрывоопасности E определяем величины других показателей, характеризующих уровень взрывоопасности технологических блоков, стадий, объектов: приведенную массу горючих паров (m) и относительный энергетический потенциал взрывоопасности блока (Q_B).

Общая масса горючих паров (газов) взрывоопасного облака m , приведенная к единой удельной энергии сгорания:

$$m = \frac{E}{46000}, \quad (26)$$

где

E – энергия сгорания парогазовой фазы,

46000 – единая удельная энергия сгорания, кДж/кг.

$$m = \frac{1305427326}{46000} = 28378,855 \text{ кг.}$$

Относительный энергетический потенциал взрываемости Q_B технологического блока:

$$Q_B = \frac{1}{16,534} \cdot \sqrt[3]{E} = 0,0605 \cdot \sqrt[3]{1305427326} = 66,121. \quad (27)$$

По значению относительного энергетического потенциала и приведенной парогазовой среды осуществляем категорирование технологического блока согласно таблицы 4.

Таблица 4 – Категории взрывоопасности блоков, стадий, объектов

m , кг	Q_B	Категория взрывоопасности
> 5000	> 37	I
2000 – 5000	27 – 37	II
< 2000	< 27	III

В соответствии с рассчитанными $m = 28378,855$ кг и $Q_B = 66,121$ колонне К-1 присваивается I категория взрывоопасности.

Т.к. рассчитываемый блок относится к I категории взрывоопасности, предусматриваются следующие мероприятия по снижению последствий взрыва:

– установлена автоматическая система подачи инертного газа, локализирующего образование взрывоопасных концентраций (исключающего образование застойных зон);

- установка снабжена средствами контроля за параметрами, значения которых определяют взрывоопасность процесса, с регистрацией показаний и предаварийной сигнализацией их значений, а также средствами автоматического регулирования и противоаварийной защиты с применением электронной или микропроцессорной техники;

- установка снабжена средствами взрывопредупреждения и защиты оборудования и трубопроводов от разрушений (разрывные предохранительные мембраны, взрывные клапаны, системы флегматизации инертным газом, средства локализации пламени и т.д.).

Для максимального снижения выбросов в окружающую среду горючих и взрывопожароопасных веществ при аварийной разгерметизации системы в соответствии с ТКП 506-2013 предусматриваются:

- установка автоматических быстродействующих запорных или отсекающих устройств со временем срабатывания не более 12 с;

- установка систем аварийного освобождения, которые комплектуются запорными быстродействующими устройствами с дистанционно и (или) автоматически управляемыми приводами.

Предусмотрен также ряд мероприятий, обеспечивающих безопасную и оперативную локализацию аварийных ситуаций:

- в системе снабжения блока воздухом КИП предусмотрены ресиверы, обеспечивающие часовой запас воздуха, в случае более длительного перерыва в подаче воздуха КИП исполнение пневматических клапанов-регуляторов обеспечивает безаварийную остановку блока;

- для предотвращения потерь, разлива нефтепродуктов и загазованности территории установки все дренажные и пусковые трубопроводы отглушаются от рабочих трубопроводов до вывода установки на режим, при необходимости дренирование аппаратов производится в специально предназначенные заглубленные емкости;

- на установке предусмотрено дистанционное отключение входящих потоков с пульта операторной;

- емкостная и технологическая аппаратура оснащена двумя измерителями уровня и сигнализацией верхнего предельного уровня от двух датчиков;

- сброс неконденсирующихся углеводородов от предохранительных клапанов предусмотрен в факельную систему установки и далее в факельную емкость завода;

- удаление пожароопасных, взрывоопасных и токсичных газообразных продуктов из аппаратов и трубопроводов предусмотрено продувкой азотом;

- предусмотрен стационарный подвод раствора пенообразователя;

- для ликвидации локальных очагов пожара предусмотрено стационарное паротушение оборудования и размещение трех стационарных пожарных лафетных стволов, подсоединенных к сети противопожарного водопровода.

Расчет участвующей во взрыве массы вещества и радиусов разрушений

Для оценки уровня воздействия взрыва может применяться тротильный эквивалент взрыва парогазовой среды W_T (кг), определяемый по условиям адекватности характера и степени разрушения при взрывах парогазовых облаков, рассчитывается по формуле:

$$W_T = \frac{0,4q'}{0,9q_T} zm, \quad (28)$$

где 0,4 – доля энергии взрыва парогазовой среды, затрачиваемая непосредственно на формирование ударной волны;

0,9 – доля энергии взрыва тринитротолуола (ТНТ), затрачиваемая непосредственно на формирование ударной волны;

q' – удельная теплота сгорания парогазовой среды, кДж/кг;

q_T – удельная энергия взрыва ТНТ, кДж/кг;

z – доля приведенной массы паров, участвующей по взрыве, для неорганизованных паровых облаков в незамкнутом пространстве с большой массой горючих веществ доля участия во взрыве принимается равной 0,1;

m – масса парогазовых веществ, участвующих во взрыве.

Тротильный эквивалент взрыва парогазовой среды:

$$W_T = \frac{0,4 \cdot 51152,516}{0,9 \cdot 4190} \cdot 0,1 \cdot 28378,855 = 15398,036 \text{ кг.}$$

Зоной разрушения считается площадь с границами, определяемыми радиусами R , центром которой является рассматриваемый технологический блок или наиболее вероятное место разгерметизации технологической системы. Границы каждой зоны характеризуются значениями избыточных давлений по фронту ударной волны ΔP и соответственно безразмерным коэффициентом K . Классификация зон разрушения приводится в таблице 6,7.

Таблица 6 – Классификация зон разрушения

Класс зоны разрушения	Степень разрушения зданий и сооружений	K	Избыточное давление взрыва, ΔP , кПа
1	Полное разрушение	3,8	≥ 100
2	Частичное разрушение	5,6	70
3	Здания непригодны для обитания	9,6	28
4	Разрушение остекления, дверных и оконных проёмов	28	14
5	Разрушение до 10 % стёкол	56	≤ 2

Радиус зоны разрушения (м) определяется выражением:

$$R = K \cdot R_0, \quad (29)$$

где при $m \leq 5000$ кг

$$R_0 = \frac{\sqrt[3]{W_T}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{W_T}\right)^2\right]^{1/6}}, \quad (30)$$

или при $m \geq 5000$ кг

$$R_0 = \sqrt[3]{W_T}. \quad (31)$$

Следовательно, радиусы зон разрушений:

$$R_1 = K_1 \cdot R_0 = K_1 \cdot \sqrt[3]{W_T} = 3,8 \cdot \sqrt[3]{15398,036} = 94,5 \text{ м};$$

$$R_2 = K_2 \cdot R_0 = K_2 \cdot \sqrt[3]{W_T} = 5,6 \cdot \sqrt[3]{15398,036} = 139,3 \text{ м};$$

$$R_3 = K_3 \cdot R_0 = K_3 \cdot \sqrt[3]{W_T} = 9,6 \cdot \sqrt[3]{15398,036} = 238,8 \text{ м};$$

$$R_4 = K_4 \cdot R_0 = K_4 \cdot \sqrt[3]{W_T} = 28 \cdot \sqrt[3]{15398,036} = 696,6 \text{ м};$$

$$R_5 = K_5 \cdot R_0 = K_5 \cdot \sqrt[3]{W_T} = 56 \cdot \sqrt[3]{15398,036} = 1393,2 \text{ м}.$$

Табл. 7- Расчет радиусов зон возможных разрушений

Класс зоны	Коэффициент k	Избыточное давление Δp , кПа	Действие на здания и сооружения	Травмирующее действие на человека	Радиусы зон возможных разрушений, м
1	3,8	> 100	полное разрушение зданий	смертельное	94,5
2	5,6	70	50 % разрушения зданий	смертельное	139,3
3	9,6	28	разрушение зданий без обрушения	тяжелое	238,8
4	28	14	умеренное разрушение зданий с разрушением дверей, оконных переплетов	средней тяжести	696,6
5	56	< 20	малые повреждения с разрушением приблизительно 10 % остекления	легкое	1393,2

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА «ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ОБЪЕКТОВ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ»

Раздел включает два подраздела:

1 Общие сведения о чрезвычайных ситуациях, характерных для территории Республики Беларусь (техногенные, природные и биолого-социальные, экологические и др.). Объем подраздела 2-3 страницы пояснительной записки.

2 Возможные чрезвычайные ситуации на объекте исследования, организация неотложных мероприятий по обеспечению безопасности в условиях чрезвычайной ситуации. Объем подраздела 6-8 страницы пояснительной записки (включая пункт 2.1).

2.1 Проектирование убежища гражданской обороны с заданным количеством укрываемых

Пример второго подраздела №1: Возможные последствия аварий и чрезвычайных ситуаций на установке «Гидроочистка»:

Учитывая специфику технологического процесса установки и оснащенность системами противоаварийной защиты можно сделать вывод, что серьезные аварийные ситуации могут произойти при нерегламентированной разгерметизации оборудования или трубопроводов. Наиболее тяжелые последствия может вызвать взрыв парогазовых смесей с воздухом на блоках №1 и №2. В радиусе 44 произойдет разрушение строительных конструкций и в радиусе 35 метров - смертельное травмирование людей. Возможность травмирования людей существует в радиусе 196 м.

Зона порогового поражения токсичными волнами сероводорода при неблагоприятном состоянии атмосферы может распространиться на расстояние до 284 м.

Возможны несколько типов аварий, связанных с опасными свойствами образующихся веществ: взрыв, огненный шар, пожар пролива, токсиволна (Приложение).

-при различных обстоятельствах в аварию могут быть вовлечены до 40 тонн пожаровзрывоопасных веществ;

-наибольшую опасность представляет взрыв, огненный шар;

-сильные разрушения оборудования и трубопроводов выходят за границы территории установки;

-наиболее серьезные травмы при любых вариантах развития аварии может получить персонал, находящийся на территории установки;

-возможная загазованность территории производства и прилегающих объектов на расстоянии 670 метров от места выброса;

-зона поражения при токсичных волнах сероводорода составляет 340 метров от места выброса;

-вероятность возникновения крупных аварий с учетом действующих систем защиты не превышает $1,4 \cdot 10^{-5}$;

-территориальный риск поражения людей не превышает 10^{-5} (за пределы границы предприятия не выходит).

Пример №2: 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 Бобреньта.

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 серьезной 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.

Пример выполнения расчетно-графического задания раздела «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций»

Проектирование убежища гражданской обороны с заданным количеством укрываемых

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 аварий-

ной 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 $0,4$ м²/чел (см. табл.8).

Табл.8- 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	0,20
7. Санпост на каждые 500 чел., м ²	9
8. Площадь помещения на 1 комплект ФВК-1 (ФВК-2), м ²	2
9. Площадь помещений под ДЭС, м ²	9 – 12
10. Концентрация углекислого газа не более, %	16 – 20
11. Относительная влажность воздуха не более, %	1
12. Температура воздуха в убежище не более, °С	70
	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.б).

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

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 объема 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.

6) 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 филитровентиляционных 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.9 для обеспечения людей в проектируемом убежище воздухом необходимо 3 фильтровентиляционных комплекса ФВК-1.

Табл.9-Технические характеристики фильтровентиляционных комплектов

Название	Производительность, м ³ /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:

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

где

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

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

9) Определим объём ёмкости для сбора фекальных вод:

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

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

10) Определим необходимое количество умывальников:

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

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

11) Определим необходимого количества унитазов для расчётного количества женщин:

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

где

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

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

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

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

$$N_{комл} = \frac{n \cdot \eta_{м}}{W_{комл}},$$

где

η_m – доля мужчин от всего количества работников;

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

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

13) Определим толщину стен убежища:

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

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

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

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

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

где

n_p – расчётное количество укрываемых людей $n_p = 200 \text{ чел}$ 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.1. (см. также [1, ст. 249-250]).

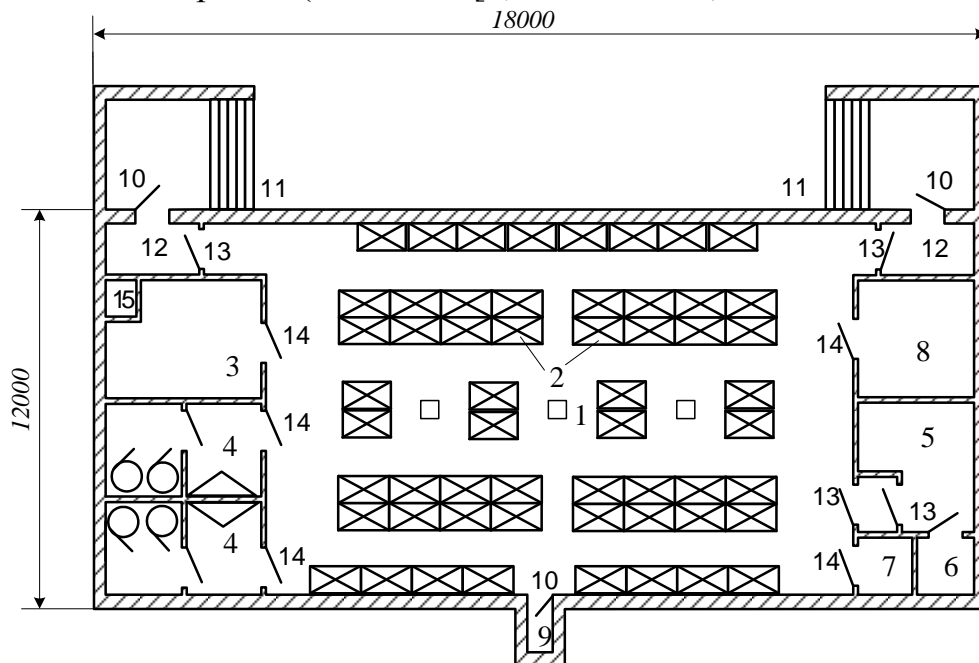


Рис. 1- Планировочное решение встроенного убежища на 335 человек: 1 - помещение для укрываемых; 2 - трехъярусные нары; 3 - фильтровентиляционные помещения; 4 - санитарные узлы; 5 - дизельная электростанция (ДЭС); 6 - склад; 7 - электрощитовая; 8 - помещение для продуктов питания; 9 - галерея и оголовок 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. Шипко М. Ф. Взрывоопасность технологических процессов химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности: учеб.-метод. комплекс. для студентов специальности 1 – 48 01 03 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов» /М. Ф. Шипко, П.А. Чеботарев и др. / под общ. ред. М. Ф. Шипко. – Новополоцк: ПГУ, 2010. - 188с.
3. Абросимов А.А. и др. Автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств. – М., 2000.
4. Белов, С. В. Безопасность производственных процессов: Справочник / С. В. Белов, В. Н. Бринза, Б. С. Векшин, и др. – М., 1985.
5. Бесчаснов, М.В. Взрывобезопасность и противоаварийная защита химико-технологических процессов / М.В. Бесчаснов. М., 1983.
6. Бесчаснов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. - М. Химия, 1991.
7. Бобков, А.С. Охрана труда и экологическая безопасность в химической промышленности / А.С. Бобков [и др.]. М., 1998.
8. Глебов Н.В. Безопасность при работе с нефтепродуктами / Н. В. Глебов. – Л.: Колос, 1971.
9. Гончаров, А. Н. Охрана труда / А.Н. Гончаров, Д.А. Бурминский, Н.К. Модин. Минск, 2008.
10. Горячев С.А. Основы технологии, процессов и аппаратов пожаровзрывоопасных производств. – М., 2002.
11. Графкина, М.В. Охрана труда и производственная безопасность / М.В. Графкина. М., 2009.
12. Девисилов, В.А. Охрана труда / В.А. Девисилов. М., 2009.
13. Крыжановский, И.Ю. Охрана труда / И.Ю. Крыжановский. Минск, 2007.
14. Лазаренков, А.М. Охрана труда / А.М. Лазаренков. Минск, 2004.
15. Ласута, Г.Ф. Пожарная безопасность технологических процессов: учебное пособие – Минск, 2010.
16. Макаров, Г. В. Охрана труда в химической промышленности / Г.В. Макаров, А.Я. Васин, Л.К. Маринина. М., 1989.
17. Маринина, Л.К. Безопасность труда в химической промышленности /Л.К. Маринина. М., 2006.

18. Маркизова, Н.Ф. Нефтепродукты: серия «Токсикология для врачей» / Н.Ф. Маркизова, А.Н. Гребенюк, В.А.Башарин, Т.Н. Преображенская.- СПб., 2004.
19. Трудовой кодекс Республики Беларусь - Минск: Амалфея, 2010.
20. Семич, А.В. Экзамен по охране труда / А.В. Семич, П.В. Семич. Минск, 2007.
21. Сорокин, Ю.Г. Охрана труда в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности: Правила и нормы / Ю. Г. Сорокин, М. С. Сибилев. – М.: Химия, 1985.
22. Челноков А. А. Охрана труда: учебник / А. А. Челноков, И. Н. Жмыхов, В. Н. Цап ; под общ. ред. А. А. Челнокова. Минск, 2011.