

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«Санкт-Петербургский государственный университет  
промышленных технологий и дизайна»**  
**Высшая школа технологии и энергетики**  
**Кафедра охраны окружающей среды и рационального использования  
природных ресурсов**

**ОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ  
ПРОЦЕССЫ И ПРОИЗВОДСТВА**  
**Выполнение контрольной работы**

Методические указания для студентов заочной формы обучения  
по направлению подготовки

20.04.01 — Техносферная безопасность

Составители:  
И. В. Антонов  
С. В. Ефремов

Санкт-Петербург  
2025

Утверждено  
на заседании кафедры ООСиРИПР  
07.02.2025 г., протокол № 7

Рецензент А. В. Елифанов

Методические указания соответствуют программе и учебному плану дисциплины «Опасные технологические процессы и производства» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность». В методических указаниях представлен порядок выполнения и оформления контрольной работы. Приведены последовательность выполнения заданий, методика расчета, задания и справочные данные для выполнения контрольной работы.

Методические указания предназначены для магистрантов заочной формы обучения, но могут быть использованы в качестве дополнительной литературы при выполнении практических заданий магистрантами очной формы обучения.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве  
методических указаний

Режим доступа: [http://publish.sutd.ru/tp\\_get\\_file.php?id=202016](http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016), по паролю.  
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 27.03.2025 г. Рег.№ 5023/25

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....   | 4  |
| 1. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....           | 5  |
| 2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ..... | 10 |
| 3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНОЙ ЧАСТИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....     | 12 |
| 3.1. Методика расчета .....  | 12 |
| 3.2. Пример расчета.....   | 15 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....  | 17 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ .....   | 18 |
| Приложение 1 .....   | 18 |
| Приложение 2 .....   | 19 |
| Приложение 3 .....   | 20 |

## ВВЕДЕНИЕ

Контрольная работа является одним из видов учебной работы студента заочной формы обучения.

Контрольная работа по дисциплине «Опасные технологические процессы и производства» выполняется студентами направления 20.04.01 «Техносферная безопасность», обучающимися по профилю «Защита окружающей среды территориально-производственных комплексов». Целью выполнения работы является закрепление полученных знаний и навыков, а также подтверждение готовности студента к самостоятельному решению профессиональных задач в соответствующей области. К промежуточной аттестации по дисциплине «Опасные технологические процессы и производства» допускаются только студенты, верно выполнившие контрольную и практические работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины. Контрольная работа считается верно выполненной только при наличии на ее титульном листе пометки «зачтено» с подписью преподавателя и датой выполнения проверки.

В рамках написания контрольной работы студент решает следующие задачи:

- самостоятельное изучение теоретического вопроса;
- расчет двух задач.

## 1. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа состоит из двух частей: теоретической и расчетной.

Теоретическая часть выполняется строго в печатном виде. Расчетная выполняется в рукописном виде в отдельной тетради в клетку или в печатном виде. При рукописном оформлении необходимо заполнять тетрадь разборчивым почерком через одну клетку и оставлять на каждой странице не менее 8 клеток по краю страницы для замечаний преподавателя.

Печатный текст набирается на персональном компьютере с помощью текстового редактора. Печатная часть контрольной работы должна быть отпечатана на принтере на листах формата А4 и скреплена при помощи скоросшивателя. Если обе части контрольной работы выполнены в печатном виде, они сшиваются в один том со сквозной нумерацией страниц. Если расчеты выполнены в тетради, тетрадь помещается в мультифору (прозрачная папка-файл) и подшивается за последним листом теоретической части.

Параметры страницы: правое поле – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, левое (для сшивания работы) – 30 мм.

Параметры текста:

- шрифт – Times New Roman;
- цвет шрифта – черный;
- кегль (размер шрифта) – 14 пт;
- интервал (между буквами) – обычный;
- смещение – нет (кроме химических и математических формул и единиц измерения);
- межстрочный интервал – 1,5 строки;
- интервалы перед/после абзаца – 0 пт;
- абзац (отступ первой строки – «красная» строка) – 1,25;
- табуляция (если используется) – 1,25.

Страницы контрольной работы нумеруются арабскими цифрами в нижнем правом углу с использованием сквозной нумерации по всему тексту. Титульный лист не нумеруется.

Контрольная работа выполняется строго в соответствии с вариантом. *Студент выбирает номер варианта в соответствии с последней цифрой номера его зачетной книжки (шифра). Если последняя цифра номера «0», выбирается вариант 10.*

Контрольная работа регистрируется и передается для проверки в институт заочного и вечернего обучения (ИЗВО) до начала сессии. По согласованию с преподавателем допускается предварительная дистанционная проверка путем отправки контрольной работы в электронном виде через электронные образовательные платформы или почтовые сервисы. После проверки контрольной работы преподаватель выставляет оценку «зачтено» или «не зачтено» с указанием замечаний. Контрольная работа, не соответствующая настоящим требованиям (например, с неправильно заполненным титульным листом, написанная неразборчивым почерком, выполненная не полностью или

по неверно выбранному варианту и т.п.), возвращается студенту без проверки с пометкой «не зачтено» и указанием причин возврата на титульном листе. При получении незачтенной работы студент повторно выполняет работу с учетом замечаний и отдает ее на проверку вместе с первоначальным вариантом.

Контрольная работа включает следующие основные элементы:

Титульный лист.

Содержание.

1. Теоретическая часть.

2. Расчетная часть.

*Титульный лист* при печатном оформлении контрольной работы оформляется по образцу, приведенному в Приложении 1. При рукописном оформлении расчетов на обложку тетради наклеивается титульный лист по форме, приведенной в Приложении 2.

При заполнении титульного листа учитываются действующие нормативные положения. На титульном листе указывается название дисциплины, действующее наименование органа исполнительной власти РФ, осуществляющего функции по нормативно-правовому регулированию в сфере высшего образования в соответствии с федеральным или региональным законодательством. Названия ВУЗа и его структурных подразделений должны соответствовать сведениям, приведенным в Уставе.

В *содержании* перечисляют все разделы и подразделы контрольной работы, следующие после содержания, с указанием номеров страниц, на которых они начинаются.

Например:

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 1. Теоретическая часть.....   | 3  |
| 2. Расчетная часть.....       | 10 |
| 2.1. Исходные данные.....     | 13 |
| 2.2. Расчет задания.....      | 12 |
| Библиографический список..... | 15 |

Перечень вопросов, ответы на которые студент должен изложить в *теоретической части*, и порядок их изучения приведены в разделе 2 настоящих методических указаний.

Рекомендуемый объем теоретической части – 2-3 страницы.

Для иллюстрирования ответа студент может помещать в текст графический (цифровой) материал. Цифровой материал оформляется в виде таблиц или иллюстраций, которые имеют по тексту отдельную сквозную нумерацию, выполненную арабскими цифрами. Материалы, в зависимости от их размера, помещаются сразу под текстом, в котором впервые дается ссылка на них, на следующей странице или в приложениях к контрольной работе. Допускается цветное оформление материалов. При ссылках на графический материал следует писать: «... отражено на рис. 1», «(рис. 1)», «в таблице 1 представлен...», «табл. 2», «...карта приведена в Приложении 1» и т. п.

Номер таблицы указывается над таблицей, затем через тире печатается название таблицы без точки в конце с выравниванием по правому краю. Нумерация сквозная. Ниже по центру сама таблица. Строку заголовков

(«шапку») в таблице рекомендуется выделять полужирным шрифтом. Стиль оформления таблиц на протяжении всей работы должен быть единым.

Пример оформления таблицы приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Вид зоны заражения

| Скорость ветра, м/с | Вид сектора (зоны поражения) | Величина угла $\varphi$ |
|---------------------|------------------------------|-------------------------|
| <1                  | Круг, радиусом «Г»           | 360                     |
| =1                  | Полукруг радиусом «Г»        | 180                     |
| 1-2                 | Угловой сектор               | 90                      |
| >2                  | Угловой сектор               | 45                      |

Весь остальной иллюстративный материал (графики, схемы, диаграммы, фотографии, карты и т.п.) обозначаются в работе как рисунки.

Выравнивание рисунка – по центру листа. Рисунки нумеруются и подписываются снизу под изображением по центру в формате: «Рис. 1. Название рисунка» (без кавычек и точки в конце). Если в схеме есть обозначения элементов цифрами или буквами, то после названия схемы ставится двоеточие и приводится расшифровка условных обозначений с новой строки также по центру.

Пример оформления рисунка приведен на рисунке 1.

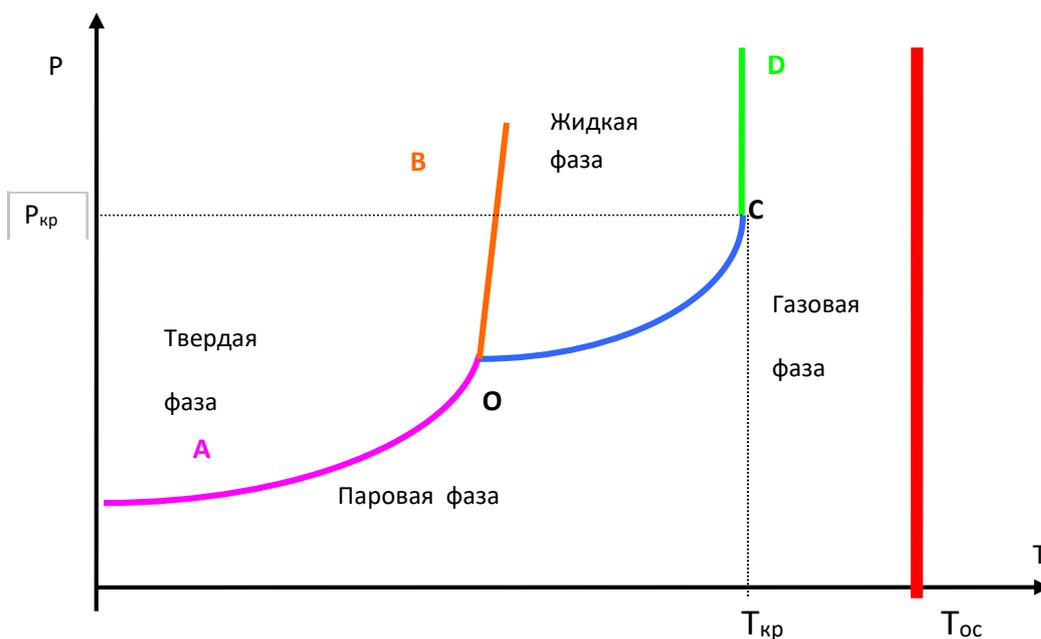


Рис. 1. Фазовая диаграмма состояния для веществ 1 категории

Библиографический список является неотъемлемой частью контрольной работы. В нем приводится перечень изученных и использованных источников информации (методические указания, статьи, книги, отчеты, нормативные документы, видео и аудиофайлы и т.п.). Список источников позволяет судить о степени изученности проблемы и наличии у обучающегося навыков

самостоятельной работы с информацией. Список источников должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.100-2018 или заменяющим его стандартом.

Ссылка на источник информации оформляется в квадратные скобки в тексте работы. Если в ссылке источников несколько, то они отделяются запятой, при использовании нескольких источников, следующих в списке подряд, можно использовать знак диапазона. Например, [2], [4, 15], [15–17]. Ссылки на источники ставятся в конце предложения. Точка ставится после ссылки на источник информации (исключение – ссылка после названия таблицы).

Список источников располагается после выводов. В качестве заглавия подраздела используется «Список источников» или «Библиографический список». Оформляется заголовок также, как и названия основных частей работы – с новой страницы, сверху по центру прописными буквами.

Библиографическое описание содержит сведения об использованном документе, приведенные по правилам, прописанным в ГОСТ Р 7.0.100-2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Список источников содержит сведения обо всех литературных, электронных и нормативных источниках, используемых при написании работы. Не включаются в список неопубликованные материалы – конспекты лекций, отчеты, справки, планы работ, презентации и т.п.

Описания источников информации включаются в список в порядке использования информации из них в тексте работы. Список имеет сквозную нумерацию, несмотря на представленные в нем (блоки) группы источников одного вида.

При использовании в качестве источников информации нормативных документов обязательное требование – актуальность. Все федеральные законы, постановления, приказы, нормативные акты должны быть оформлены с указанием последних принятых редакций этих документов.

Следует обратить особое внимание на источники, в которых нормативные документы были опубликованы. Источники опубликования должны быть официальными или иметь высокую степень надежности. Правовые базы данных (БД) «КонсультантПлюс», «Гарант» не признаны официальными источниками опубликования документов, но имеют очень высокую степень актуальности. Источники пополнения этих БД являются официальными (федеральные и региональные СМИ, официальный интернет-портал правовой информации, сайты государственных органов). Не рекомендуется использовать интернет-ресурсы, размещающие правовую информацию, актуальность и достоверность которой невозможно проверить.

Исходные данные являются обязательным подразделом *расчетной части* контрольной работы и переносятся в работу из Приложения 3.

Расчет задания выполняется в соответствии с методикой, приведенной в разделе 2 настоящих методических указаний.

Математические действия в решении задач должны сопровождаться пояснениями, выявляющими логику решения. Формулы при решении задач

нужно сопровождать расшифровкой величин. В конце каждой задачи должен быть приведен окончательный ответ с указанием единицы измерения.

В контрольной работе используются только общепринятые сокращения и аббревиатуры. Первое упоминание аббревиатуры или сокращения в тексте приводят в круглых скобках после полностью написанного наименования. В дальнейшем указанная аббревиатура употребляется без расшифровки. Сокращение должно оканчиваться на согласную и иметь точку (и т. д. – и так далее; и др. – и другие; г. – год; гг. – годы).

Исключение составляют единицы измерений, которые приводятся в тексте в общепринятой сокращенной форме без точки в конце (мкг; с; МДж/м<sup>3</sup>; кВт/(м<sup>2</sup>·год); г/с и др.).

## 2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Теоретическая часть включает изучение следующих вопросов:

1. Определение и структура техносферы, типы опасностей, причины аварий и катастроф
2. Структура понятийного ряда в области техногенных опасностей
3. Понятия, связанные с опасностью, понятия опасных событий
4. Понятия, связанные с поражением
5. Понятия риска
6. Понятия опасных технологий и производств
7. Схема оценки опасности объекта
8. Краткая характеристика поражающих факторов и поражающих параметров
9. Общий подход к определению вероятности поражения
10. Диаграмма состояния однокомпонентной системы. Выбор технологии хранения и перемещения вещества в зависимости от диаграммы его состояния
11. Аварийные выбросы на объектах, содержащих сжиженные газы
12. Приближенная оценка количества вещества, переходящего в первичное и вторичное облако при разливе жидкостей
13. Опасности, связанные с взрывами конденсированных взрывчатых веществ
14. Методика оценки опасности объектов, содержащих горючие и взрывчатые вещества
15. Метод расчета уровня взрывоопасности технологической системы «РВС – ЛВЖ»
16. Декларация промышленной безопасности
17. Тепловые нагрузки при пожарах проливов ЛВЖ
18. Предохранительные клапаны. Пропускная способность клапана
19. Предохранительные мембраны
20. Экспертиза промышленной безопасности
21. Методика прогнозирования масштабов заражения при авариях и разрушениях химически опасных объектов. Термины и определения. Допущения. Исходные данные
22. Устройства и приспособления, обеспечивающие предотвращение взрывов
23. Методика прогнозирования масштабов заражения при авариях и разрушениях химически опасных объектов. Основы расчета
24. Обязательное страхование гражданской ответственности владельца опасного объекта
25. Принципы определения категории взрывоопасности технологического блока. Методика расчета категории взрывоопасности по горючей пыли

26. Блоки моделирования пожарной опасности
27. Основные геометрические и теплофизические параметры пожарной опасности разлива ЛВЖ при полном разрушении РВС
28. Токсические и физико-химические свойства аварийно-химически опасных веществ.

По каждому вопросу проводится письменный анализ основных положений. Разбор вопроса происходит по литературе, приведенной в библиографическом списке и дополнительно рассматриваются проверенные источники. В завершение анализа студент должен самостоятельно сделать и зафиксировать в письменном виде выводы по изученному материалу.

Номер вопроса соответствует варианту контрольной работы и определяется в порядке, описанном в разделе 1 настоящих методических указаний.

### **3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНОЙ ЧАСТИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

#### **3.1. Методика расчета**

##### **Задача 1**

В данном задании используется методика, предназначенная для заблаговременного и оперативного прогнозирования масштабов заражения на случай выбросов аварийно-химически опасных веществ (АХОВ) в окружающую среду при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. Она позволяет осуществлять прогнозирование масштабов зон заражения:

- при авариях на технологических емкостях и хранилищах;
- при транспортировке по трубопроводам и различными видами транспорта;
- при разрушении химически опасных объектов.

Методика предназначена для случаев выброса АХОВ в атмосферу в газообразном, парообразном или аэрозольном состояниях.

Внешние границы зоны заражения рассчитываются по пороговой токсодозе для данного АХОВ при ингаляционном воздействии на организм человека.

Зона заражения АХОВ – территория, на которой концентрация АХОВ достигает значений, опасных для жизни людей.

Под прогнозированием масштаба заражения АХОВ понимается определение глубины и площади зоны заражения АХОВ.

Под аварией понимается нарушение технологических процессов на производстве, повреждение трубопроводов, емкостей, хранилищ, транспортных средств, приводящее к выбросу АХОВ в атмосферу в количествах, которые могут вызвать массовое поражение людей и животных.

Под разрушением химически опасного объекта следует понимать результат катастроф и стихийных бедствий, приведших к полной разгерметизации всех емкостей и нарушению технологических коммуникаций.

Химически опасный объект народного хозяйства – объект, при аварии или разрушении которого могут произойти массовые поражения людей, животных и растений сильнодействующими ядовитыми веществами.

Первичное облако – облако АХОВ, образующееся в результате мгновенного (1 – 3 мин) перехода в атмосферу части АХОВ из емкости при ее разрушении.

Вторичное облако – облако АХОВ, образующееся в результате испарения разлившегося вещества с подстилающей поверхности.

Пороговая токсодоза – ингаляционная токсодоза, вызывающая начальные симптомы поражения.

Под эквивалентным количеством АХОВ понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени вертикальной устойчивости атмосферы количеством АХОВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

Площадь зоны фактического заражения АХОВ – площадь территории, зараженной АХОВ в опасных для жизни пределах.

Площадь зоны возможного заражения АХОВ – площадь территории, в пределах которой под воздействием изменения направления ветра может перемещаться облако АХОВ.

При аварии на химически опасном объекте из местной метеослужбы или из комиссии по ЧС будет передана информация о величине среднего ветра и вертикальной устойчивости воздуха.

Средний ветер – ветер, являющийся средним по скорости и направлению для своих слоёв атмосферы в пределах от поверхности земли до высоты подъёма верхней границы облака ядовитых веществ.

Вертикальная устойчивость воздуха характеризуется инверсией, изотермией и конвекцией.

Инверсия – повышение температуры воздуха с высотой в некотором слое атмосферы вместо обычного понижения (эффект прижимания облака ядовитых веществ к поверхности земли).

Изотермия – достаточно продолжительное постоянство температуры воздуха в разных слоях (при авариях на химически опасных объектах учитывается изотермия нижних слоёв воздуха).

Конвекция – перемещение воздуха, приводящее к переносу массы, теплоты и др.

#### Допущения

При прогнозировании химической обстановки принимаются следующие допущения:

1. Емкость, содержащая АХОВ, разрушается полностью.
2. Толщина слоя разлившейся свободно по подстилающей поверхности жидкости (h) принимается равной 0,05 м по всей площади разлива ( $h = 0,05$  м).
3. При проливе АХОВ в поддон или обваловку толщина слоя жидкости (h) принимается равной:  $h = H - 0,2$ , где H – высота поддона (обваловки), м.
4. При разливах из емкостей, расположенных группой, имеющих общий поддон (обваловку)  $h = Q_0 / (F \cdot d)$ .
5. Предельное время пребывания людей в зоне химического заражения и продолжительность сохранения неизменными метеоусловий (степени вертикальной устойчивости атмосферы, направления и скорости ветра) составляют 4 часа. По истечении указанного времени прогноз обстановки должен уточняться.

#### Рекомендации

1. При заблаговременном прогнозировании масштабов заражения на случай производственных аварий в качестве исходных данных рекомендуется принимать:

- за количество АХОВ в выбросе ( $Q_0$ ) – количество АХОВ в максимальной по объему единичной емкости (технологической, складской, транспортной), а для сейсмических районов – общий запас АХОВ;
- метеорологические условия – инверсия, скорость ветра 1 м/с.

2. Для прогноза масштабов заражения непосредственно после аварии должны браться конкретные данные о количестве выброшенного (разлившегося) АХОВ и реальные метеоусловия.

Площадь зоны фактического заражения  $S_{\phi}$  ( $\text{км}^2$ ) рассчитывается по формуле:

$$S_{\phi} = K_8 \Gamma^2 N^{0,2}, \quad (1)$$

где  $K_8$  – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха, принимается равным: 0,081 при инверсии; 0,133 при изотермии; 0,235 при конвекции;

$\Gamma$  – глубина зоны заражения, км;

$N$  – время, прошедшее после начала аварии, ч.

## **Задача 2**

Наибольшую опасность для населения и территории представляют случаи полного разрушения резервуаров с ЛВЖ. Разрушения вертикальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, хотя и редко, но случаются.

Разрушение начинается с появления в корпусе трещины. Образование трещин зависит от очень большого числа факторов (технологических, конструктивных, климатических и др.).

Причинами нарушения прочности корпуса являются:

- дефекты сварочно-монтажных работ;
- хрупкость металла;
- перепады температур и т. д.

Наиболее опасным фактором, возникающим при разрушении резервуара, является гидродинамическое истечение (волна прорыва) ЛВЖ из резервуара. Причем, как правило, волна прорыва или разрушала (промывала) обвалование или перехлестывала через него. При этом нормативное обвалование, а также вид жидкости в резервуаре и характеристика грунта практически не оказывают влияния на площадь затопления.

## **Определение геометрических параметров пожарной опасности разлива при полном разрушении РВС (резервуар вертикальный стальной)**

Площадь разлива ЛВЖ при полном разрушении резервуара прямо пропорциональна объему разлившейся жидкости:

$$F_{з-р} = f_3 \cdot \varepsilon_p \cdot V_p \quad (2)$$

где  $F_{з-р}$  – площадь зоны разлива,  $\text{м}^2$ ;

$f_3$  – коэффициент разлива,  $\text{м}^{-1}$ ;

$\varepsilon_p$  – степень заполнения резервуара;

$V_p$  – номинальная вместимость резервуара,  $\text{м}^3$ .

Коэффициент разлива ЛВЖ или, вернее, уже затопления, определяют, исходя из расположения наземного резервуара на местности.

$$\begin{cases} f = 12 - \text{при расположении на поверхности с уклоном, более } 1 \%; \\ f = 5 - \text{при расположении на равнине} \end{cases}$$

Толщина слоя разлившейся ЛВЖ

$$\delta_{\text{ж}} = 1 / f \quad (3)$$

Приведенную форму разлива ЛВЖ при крупномасштабной аварии принимают в зависимости от расположения резервуара на местности:

– в низине или на ровной поверхности (с уклоном до 1 %) – в виде круга с радиусом

$$R_{\text{ж}} = \sqrt{\frac{F_{\text{ж}}}{\pi}}; \quad (4)$$

– на возвышенности – в виде эллипса.

Значения осей эллипса определяют по следующим формулам:

– большой полуоси

$$b = \sqrt{\frac{K_{\text{ук}} F_{\text{ж}}}{\pi}}; \quad (5)$$

– малой полуоси

$$a = 4 F_{\text{ж}} / (\pi b), \quad (5)$$

$K_{\text{ук}}$  – коэффициент, характеризующий уклон, благоприятствующий разливу жидкости, значение которого определяют исходя из уклона местности:

$$\begin{cases} K_{\text{ук}} = 8 - \text{при уклоне не более } 3 \%; \\ K_{\text{ук}} = 16 - \text{при уклоне более } 3 \%. \end{cases}$$

### 3.2. Пример расчета

#### Задача 1

При хранении АХОВ в резервуаре произошло полное его разрушение. Определить площадь фактического заражения ( $S_{\text{ф}}$ , км<sup>2</sup>) при следующих исходных данных:

| глубина зоны заражения, км | прошедшее время с момента аварии, ч | степень вертикальной устойчивости воздуха |
|----------------------------|-------------------------------------|---|
| 5                          | 6                                   | изотермия                                 |

$$S_{\phi} = 0,133 * 5^2 6^{0,2} = 4,8, \text{ км}^2.$$

Ответ: Площадь фактического заражения равна 4,8 км<sup>2</sup>.

## Задача 2

Определить геометрические параметры при разливе ЛВЖ (ацетон) на поверхность земли из резервуара вместимостью 1000 м<sup>3</sup>, если он был заполнен на 80 %. Разлив произошел в результате полного разрушения РВС (резервуар вертикальный стальной).

Геометрические параметры включают в себя: площадь разлива, форму разлива (диаметр – если форма круг, малая и большая полуоси – если эллипс).

### Исходные данные

Наименование ЛВЖ – ацетон.

Вместимость резервуара,  $V_p = 1000 \text{ м}^3$ .

Степень заполнения резервуара жидкостью,  $\varepsilon_p = 0,8$ .

Уклон площадки = 4%.

### Расчет

Площадь разлива ЛВЖ

$$F_{з-р} = f_z \cdot \varepsilon_p \cdot V_p = 12 \cdot 0,8 \cdot 1000 = 9600 \text{ м}^2.$$

Значение коэффициента разлива ЛВЖ принято равным 12, так как уклон более 1 %.

Толщина слоя разлившейся ЛВЖ

$$\delta_{ж} = 1 / f = 1 / 12 = 0,083 \text{ м}.$$

Приведенную форму разлива ЛВЖ принимаем в виде эллипса. Значения осей эллипса определяют по следующим формулам:

– большой полуоси

$$b = \sqrt{\frac{K_{ук} F_{ж}}{\pi}} = \sqrt{\frac{16 \cdot 9600}{3,14}} = 885 \text{ м}.$$

– малой полуоси

$$a = 4 F_{ж} / (\pi b) = 4 \cdot 9600 / (3,14 \cdot 885) = 14 \text{ м}.$$

Значение коэффициента, характеризующего уклон, благоприятствующий разливу ЛВЖ, принято равным 16, так как уклон более 3 %.

Ответ: форма разлива – эллипс, площадь разлива 9600 м<sup>2</sup>, размер большой полуоси – 885 м, размер малой полуоси – 14 м.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефремов, С. В. Опасные технологии и производства : учебное пособие / С. В. Ефремов. – СПб.: Изд-во Политехнического Университета, 2007. – 236 с. – Текст: непосредственный.
2. Цабулин, В. А. Безопасность в чрезвычайных ситуациях / В. А. Цабулин. – СПб.: СПбГТУ, 1999. – Текст: непосредственный.
3. Федеральный закон от 21.07.97 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». // Консорциум КОДЕКС : [сайт]. – 2025. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9046058> (дата обращения: 25.03.2025). – Текст: электронный
4. Маршалл, В. Основные опасности химических производств / В. Маршалл. – М.: Мир, 1989. – 672 с. – Текст: непосредственный.
5. Сафонов, В. С. и др. Теория и практика анализа риска в газовой промышленности / В. С. Сафонов и др. – М.: НУМЦ Минприроды России, 1996. – 228 с. – Текст: непосредственный.
6. Яковлев, В. В. Последствия аварийных взрывов газоздушных смесей / В. В. Яковлев, А. В. Яковлев. – СПб.: СПбГТУ, 2000. – 73 с. – Текст: непосредственный.
7. Васильев, В. И. Пожары. Поражающее действие и обеспечение безопасности: учебное пособие / В. И. Васильев. – СПб.: СПбГТУ, 2002. – 71 с. – Текст: непосредственный.
8. Храмов, Г. Н. Техногенные взрывы : учебное пособие / Г. Н. Храмов. – СПб.: СПбГПУ, 2002. – 182 с. – Текст: непосредственный.
9. Пособие по оценке опасности, связанной с возможными авариями при производстве, хранении, использовании и транспортировке больших количеств пожароопасных, взрывоопасных и токсичных веществ. – М.: Минприрода РФ, 1992. – 37 с. – Текст: непосредственный.
10. ГОСТ Р 22.0.08-96 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Взрывы. Термины и определения. // Консорциум КОДЕКС : [сайт]. – 2025. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200001534> (дата обращения: 25.03.2025). – Текст: электронный
11. Предупреждение крупных аварий : Практическое руководство. (Международное бюро труда: Женева, Московский НИИ охраны труда). – М.: «Рагог», 1992 г. – 256 с. – Текст: непосредственный.
12. Сучков, В. П. Пособие по применению методов оценки пожарной опасности технологических систем, используемых при анализе пожарных рисков / В. П. Сучков. – М.: 2009. – 157 с. – Текст: непосредственный.
13. Болодьян, И. А. Руководство по оценке пожарного риска для промышленных предприятий / И. А. Болодьян, Ю.Н. Шебеко, В.Л. Карпов [и др.] – М.: ВНИИПО, 2006. – 93 с. – Текст: непосредственный.
14. ГОСТ 31294–2005. Клапаны предохранительные прямого действия. Общие технические условия. // Консорциум КОДЕКС : [сайт]. – 2025. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200063943> (дата обращения: 25.03.2025). – Текст: электронный.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

*Приложение 1*

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

---

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

Институт заочного и вечернего обучения  
Кафедра охраны окружающей среды и рационального использования  
природных ресурсов

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине «Опасные технологические процессы и производства»  
Направление: «Техносферная безопасность»

Выполнил студент учебной группы № ...

шифр .....

Иванов И. И.

---

*( фамилия, имя, отчество)*

Проверил ... каф. ООС и РИПР,  
Петров П. П.

---

*( должность, фамилия, имя, отчество)*

Санкт-Петербург

20\_\_

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА**

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

**ИНСТИТУТ ЗАОЧНОГО И ВЕЧЕРНЕГО ОБУЧЕНИЯ**

Направление \_\_\_\_\_ Шифр \_\_\_\_\_ Группа \_\_\_\_\_

**КОНТРОЛЬНАЯ (КУРСОВАЯ) РАБОТА № \_\_\_\_\_**

по \_\_\_\_\_

Студента \_\_\_\_\_ курса \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ фамилия, имя, отчество

Дата и номер регистрации работы \_\_\_\_\_

## Исходные данные для расчета

## Задача 1

При хранении АХОВ в резервуаре произошло полное его разрушение. Определить площадь фактического заражения ( $S_{\text{ф}}$ , км<sup>2</sup>) при следующих исходных данных:

| Вариант | глубина зоны заражения, км | прошедшее время с момента аварии, ч | степень вертикальной устойчивости воздуха |
|---------|----------------------------|-------------------------------------|---|
| 1       | 4,8                        | 2                                   | инверсия                                  |
| 2       | 4,5                        | 6                                   | инверсия                                  |
| 3       | 4,8                        | 3                                   | инверсия                                  |
| 4       | 4,1                        | 4                                   | инверсия                                  |
| 5       | 5,1                        | 5                                   | инверсия                                  |
| 6       | 5,2                        | 7                                   | инверсия                                  |
| 7       | 5,3                        | 8                                   | инверсия                                  |
| 8       | 4,5                        | 10                                  | инверсия                                  |
| 9       | 3,8                        | 11                                  | инверсия                                  |
| 10      | 3,9                        | 2                                   | инверсия                                  |

## Задача 2

Определить геометрические параметры пожарной опасности разлива ЛВЖ при полном разрушении РВС. Наименование ЛВЖ – ацетон. Уклон площадки = 4%.

| Вариант | Вместимость резервуара, $V_p$ м <sup>3</sup> | Степень заполнения резервуара жидкостью, $\epsilon_p$ |
|---------|--|---|
| 1       | 1000   | 0,8   |
| 2       | 850  | 0,9   |
| 3       | 1500   | 0,95  |
| 4       | 1500   | 0,85  |
| 5       | 1200   | 0,78  |
| 6       | 1300   | 0,75  |
| 7       | 1250   | 0,85  |
| 8       | 1100   | 0,86  |
| 9       | 900  | 0,91  |
| 10      | 950  | 0,96  |