

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Институт рыболовства и аквакультуры

В. М. Минько

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта
для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность

Калининград
2022

УДК 658.382.3

Рецензент

кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» Н. А. Евдокимова

Минько, В. М. Производственная безопасность: учеб.-метод. пособие по курсовому проекту для студ. бакалавриата по напр. подгот. 20.03.01 Техносферная безопасность / **В. М. Минько.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 24 с.

Учебно-методическое пособие является руководством по курсовым проектам по дисциплине «Производственная безопасность» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность. В пособии представлены методические материалы по курсовым проектам, включающие цели, задачи курсового проектирования по дисциплине «Производственная безопасность», примерные темы курсовых проектов и условия выбора темы, требования к структуре, объему, содержанию курсового проекта, список рекомендуемых источников, которые могут быть использованы при подготовке проекта

Табл. 2 , библиография – 22 наименования

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ» «7» октября 2022 г., протокол № 6

УДК 658.382.3

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2022 г.
© Минько В.М., 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА И УСЛОВИЯ ВЫБОРА ТЕМЫ.....	5
2. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	6
3. ТРЕБОВАНИЯ К СТРУКТУРЕ, ОБЪЕМУ, СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ	7
4. ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ.....	8
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПРОЕКТОВ.....	8
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Форма титульного листа	11
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Примеры заданий по курсовому проекту.....	12
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Примеры изложения введения к курсовому проекту.....	14
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Пример оформления заключения по курсовому проекту.....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Примеры расчетов по отдельным темам курсового проекта.....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Примеры оформления списка использованных источников	23

ВВЕДЕНИЕ

В общем плане цель курсового проектирования по дисциплине «Производственная безопасность» заключается в приобретении необходимых знаний, умений и навыков разработки конкретных мероприятий с учетом требований действующих нормативных правовых актов. В ходе работы над конкретной, выбранной студентом темой, формулировки цели и задач должны быть уточнены в соответствии с темой.

Подготовка курсового проекта по конкретной теме по дисциплине «Производственная безопасность» имеет большое значение для профессиональной подготовленности студентов, обучающихся по направлению «Техносферная безопасность» и трудоустраивающихся в основном в службы охраны труда организаций. Работа специалиста по охране труда в любой организации всегда связана с необходимостью разработки конкретных мероприятий по целому ряду вопросов: обеспечение безопасности погрузочно-разгрузочных работ; проведение технических освидетельствований подъемных сооружений; предохранительные устройства для сосудов, работающих под избыточным давлением; защитное заземление электроустановки; проект зануления электроустановки и др. Подготовка курсового проекта, работа студента над конкретной темой как раз и позволяет получить необходимые навыки выработки нужных решений, и эти навыки будут очень важны уже в ходе работы по конкретной должности в службах охраны труда организаций.

В ходе курсового проектирования студенты должны овладеть следующими знаниями, умениями и навыками:

ЗНАТЬ

Содержание действующих нормативных правовых актов по различным организационно-техническим и техническим вопросам охраны труда, включая обеспечение безопасности погрузочно-разгрузочных работ, обеспечение безопасной эксплуатации подъемных сооружений, систем, работающих под избыточным давлением, строительной безопасности, электробезопасности, газовой безопасности.

УМЕТЬ

Определить совокупность конкретных нормативных требований, которые должны быть учтены при разработке мероприятий по производственной безопасности; правильно определить наиболее целесообразный тип, вид, способ, метод защиты; рассчитать все требуемые характеристики выбранного конкретного мероприятия.

ВЛАДЕТЬ

Навыками разработки различных мероприятий по обеспечению производственной безопасности, включая определение их необходимых технико-технологических характеристик и организацию эксплуатации.

1. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ И УСЛОВИЯ ВЫБОРА ТЕМЫ

Примерная тематика курсовых проектов включает следующие темы:

1. Проект локальной документации по производственной безопасности (охране труда).
2. Требования безопасности в проектной документации на производственные объекты.
3. Организация и техническое обеспечение безопасного производства работ с повышенной опасностью.
4. Организация и техническое обеспечение безопасного производства погрузочно-разгрузочных работ на складе металлоизделий.
5. Обеспечение безопасного использования промышленного транспорта.
6. Обеспечение безопасного использования автомобильного крана.
7. Проект обеспечения безопасного использования строительного башенного крана.
8. Проект съемного грузозахватного приспособления.
9. Проект конструктивного обеспечения безопасности воздухоборника.
10. Проект обеспечения безопасной эксплуатации системы сжатого воздуха.
11. Проект обеспечения безопасной эксплуатации водогрейных котлов.
12. Приборы и устройства безопасности на подъемных сооружениях.
13. Проект организации и технического обеспечения безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды.
14. Проект безопасной эксплуатации баллонов и баллонных установок.
15. Проект обеспечения требований безопасности на газонаполнительных и газорегуляторных станциях и пунктах.
16. Обеспечение безопасного производства газоопасных работ.
17. Анализ опасности поражения током в различных электрических сетях.
18. Проект взрывозащищенной осветительной системы.
19. Проект защитного заземления для трансформаторной подстанции.
20. Проект повторного защитного заземления.
21. Проект зануления электроустановки.
22. Проект обеспечения электробезопасности системы электроснабжения в промышленном здании.
23. Проект рабочего места электросварщика ручной дуговой сварки.
24. Проект рабочего места газосварщика.
25. Проект установки для электрических испытаний диэлектрических средств защиты.
26. Проект обеспечения безопасного производства работ с использованием автовышек.

27. Проект организации эксплуатации вентиляционной системы.

Перечисленные темы курсовых проектов должны разрабатываться в привязке к конкретным организациям, объектам, видам выполняемых работ, рабочим местам. Необходимые для этого исходные данные студенты определяют самостоятельно и/или в ходе консультаций с преподавателем. Можно использовать материалы, собранные в период практик в конкретных организациях.

Выбор темы курсового проекта студенты осуществляют самостоятельно. При этом темы у разных студентов не должны повторяться. Исключение от этого требования относится к темам, которые уточняются согласно выбранному объекту исследования. Например, тема 4 (см. тематику) может иметь такое уточненное наименование: Организация и техническое обеспечение безопасного производства работ на строительной площадке. У другого студента тема может иметь другое уточненное название. Подобные повторяющиеся темы могут быть только с разрешения преподавателя и не более, чем у двух-трех студентов.

2. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В ходе разработки курсового проекта студенты готовят:

Задание по курсовому проекту (оно должно содержать 5 - 7 пунктов); примеры формулировок задания приведены в Приложении 2. Задание должно быть согласовано с руководителем работы.

Введение (должно содержать обоснования актуальности, важности выбранной темы, формулировки целей и задач курсового проекта, описание структуры проекта (из каких разделов он состоит, и что в них изложено); примеры изложения введения приведены в Приложении 3.

Раздел 1. Современные нормативные требования к (далее указывается тема курсового проекта). Может быть и такая формулировка этого раздела: Современная передовая практика и рекомендации по (далее указывается тема курсового проекта).

Раздел 2, а при необходимости и раздел 3 формулируются с учетом темы курсового проекта. Например, для темы 10 в приведенной выше тематике раздел 2 может иметь такое название: Состав оборудования в системе сжатого воздуха. Раздел 3 может быть назван таким образом: Обеспечение конструктивной безопасности воздухоборника в системе сжатого воздуха.

После изложения разделов в курсовом проекте должно быть представлено заключение. В нем необходимо сформулировать результаты работы, указать о достижении указанной во введении цели и решении всех поставленных задач. В конце следует подчеркнуть значимость выполненной работы при условии ее использования. Пример оформления заключения приведен в Приложении 4.

После заключения указывается список использованной литературы и нормативных правовых актов при подготовке курсового проекта. Список должен

быть подготовлен в соответствии с действующими требованиями – см. Приложение 6.

Сразу после списка литературы готовится оглавление, в котором должны быть указаны задание по курсовому проекту, введение, все разделы и подразделы работы, заключение, список использованной литературы с указанием числа страниц.

3. ТРЕБОВАНИЯ К СТРУКТУРЕ, ОБЪЕМУ, СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Структура курсового проекта по существу уже изложена в предыдущем разделе. Тем не менее, для ясности она ниже повторяется в требуемой последовательности.

Титульный лист (см. Приложение 1)

Задание по курсовому проекту

Введение

Разделы в соответствии с темой работы

Заключение

Список использованной литературы и нормативных актов

Оглавление.

Общий объем проекта должен составлять 25-35 страниц, напечатанных на одной стороне листа формата А4 шрифтом 14 через полтора интервала. Обязательно должно соблюдаться правило красной строки. Между абзацами должен быть тот же интервал, что и между строками. Все страницы работы должны иметь нумерацию, кроме титульного листа. Номера страниц указываются в правом верхнем углу страницы.

Таблицы, рисунки должны иметь нумерацию, названия и размещаться непосредственно под текстом, где даны на них ссылки, либо на следующей странице. На все использованные в работе источники должны быть ссылки в квадратных скобках по тексту работы.

В целом, при написании и оформлении курсового проекта нужно следовать рекомендациям по ГОСТ 7.32-2017 «Отчет по научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

4. ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

К защите должен быть представлен завершенный, сверенный и сшитый курсовой проект. Все страницы проекта, начиная с задания (на этой странице ставится цифра 2) должны быть пронумерованы.

Защиту курсового проекта принимает преподаватель – руководитель проекта. Он же выполняет функцию нормоконтролера. В спорных ситуациях защите принимает комиссия из трех преподавателей, назначаемая заведующим кафедрой.

Курсовой проект оценивается по четырехбалльной шкале: отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно. Выставленные оценки учитывают содержание представленной работы, ее соответствие заданию и полноту ответов на задаваемые вопросы.

Оценка «отлично» - содержание проекта полностью соответствует заданию. Имеются все разделы и подразделы, нет замечаний по оформлению проекта, ответы на поставленные вопросы полные, правильные, логичные, доказательные со ссылками на материалы курсового проекта;

Оценка «хорошо» - содержание курсового проекта, оформление, ответы на вопросы удовлетворяют вышеназванным требованиям; имеются отдельные неточности в ответах, которые легко устраняются с помощью дополнительных вопросов;

Оценка «удовлетворительно» - имеются замечания по содержанию и оформлению проекта, не обеспечено полное соответствие проекта заданию, ответы на поставленные вопросы неполные, без ссылок на результаты курсового проекта. В проекте использованы отмененные нормативные правовые акты. Доля оригинального авторского материала в работе незначительная;

Оценка «неудовлетворительно» - проект по своему содержанию не соответствует заданию, задачи не решены, в ответах на вопросы допускаются грубые ошибки, не демонстрируется знание автором содержания выполненного курсового проекта, нет понимания того, как получены результаты, выводы по работе.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПРОЕКТОВ

Учебники и учебные пособия

1. Минько В.М. Охрана труда в машиностроении: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.М. Минько, Н.А. Евдокимова. – Москва: Издательский центр «Академия», 2022. – 256 с.
2. Минько В.М. Производственная безопасность: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – 296 с.
3. Минько В.М. Безопасность жизнедеятельности в строительстве: учеб. пособие / В.М. Минько, А. Басараб. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2021. – 309 с.
4. Минько В.М. Охрана труда: учебное пособие / В.М. Минько. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – 332 с.
5. Минько В.М. Численные методы в охране труда / В.М. Минько, Н.А. Евдокимова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2027. – 200 с.

Нормативные правовые акты

6. Правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта. Утв. Приказом Минтруда России от 18.11.2020 г., № 814 н.
7. Правила по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов. Утв. Приказом Минтруда России от 28.10.2020 г., № 753 н.
8. Правила по охране труда на автомобильном транспорте. Утв. Приказом Минтруда России 09.12.2020 г., № 871 н.
9. Правила по охране труда в строительстве, реконструкции и ремонте. Утв. 11.12.2020 г., № 883 н.
10. Правила по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ. Утв. Приказом Минтруда России от 11.12.2020 г., № 884 н.
11. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Утв. Приказом Минтруда России от 15.12.2020 г., № 903 н.
12. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Утв. Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г., № 6. В ред. приказа Минэнерго России от 13.09.2018 г., 757.
13. ГОСТ 12.2.003. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
14. ГОСТ 12.3.002. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
15. ГОСТ 12.2.007.0. ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.
16. ГОСТ 12.2.009. ССБТ. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности.

17. ГОСТ 12.2.216. Оборудование компрессорное. Общие требования безопасности.

18. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения. Утв. Приказом Ростехнадзора от 26.11.2020, № 461.

19. Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением. Утв. Приказом Ростехнадзора от 15.12.2020 г., № 536.

20. Технический регламент о безопасности машин и оборудования. Утв. Постановлением Правительства РФ от 15.09.2009 г., № 753.

21. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон № 384-ФЗ.

22. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

Приложение 1
Форма титульного листа

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический
университет»
Институт рыболовства и аквакультуры
Кафедра техносферной безопасности и природообустройства

Курсовой проект
допущен к защите

Курсовой проект
защищен с оценкой

Руководитель проекта

Руководитель проекта

(подпись)

(подпись)

_____ 202__ г.

_____ 202__ г.

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

По дисциплине «Производственная безопасность»

7 семестр

Пояснительная записка

КП 20.03.01

ТЕМА _____

Нормоконтролер

Курсовой проект

выполнил студент гр. __-ТБ

(подпись) (И.О.Фамилия)

(подпись) (И.О.Фамилия)

Калининград
202__

Приложение 2
Примеры заданий по курсовому проекту

Примеры заданий приведены применительно к отдельным темам курсовых проектов, которые указаны в разделе 2.

Тема 5. Обеспечение безопасного использования промышленного транспорта

Задание

1. В качестве вида промышленного транспорта рассмотреть автопогрузчики.
2. Обосновать актуальность, важность, цели и задачи обеспечения безопасного использования автопогрузчиков (во введении).
3. Изложить нормативные требования и передовую практику организации и осуществления использования автопогрузчиков.
4. Изложить организацию безопасного использования автопогрузчика конкретного типа.
5. Разработать инструкцию по охране труда для водителя автопогрузчика.
6. Выполнить расчеты по аварийным ситуациям, связанным с использованием автопогрузчиков.

Указание: использовать источники [2], [4], [6] из списка рекомендуемых источников, а также технические характеристики конкретного выбранного типа автопогрузчика.

Тема 11. Проект обеспечения безопасной эксплуатации водогрейных котлов

Задание

1. Обосновать актуальность, важность, цели, задачи обеспечения безопасной эксплуатации водогрейных котлов (во введении).
2. Изложить нормативные требования, относящиеся к эксплуатации водогрейных котлов.
3. Привести сведения по предохранительным устройствам и КИП для водогрейных котлов.
4. Разработать систему допуска к работе персонала, допускаемого к эксплуатации водогрейных котлов.
5. Выполнить проверочный расчет предохранительного клапана, провести его тарировку.

Указание: используйте источники [1], [2], [4], [19] из Списка рекомендуемых источников.

Тема 19. Проект защитного заземления для трансформаторной подстанции

Задание

1. Обосновать актуальность, важность, цели и задачи защитного заземления (во введении).
2. Нормативные документы, устанавливающие обязательность защитного заземления и требования к нему.
3. Варианты конструктивного оформления и методы расчета защитного заземления.
4. Расчет защитного заземления для трансформаторной подстанции.
5. Необходимая техническая документация и требования к организации эксплуатации защитного заземления.

Указание: используйте источники [2], [11], [12] ГОСТ 12.1.030. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

Тема 23. Проект рабочего места электросварщика

Задание

1. Обосновать актуальность, важность, цели и задачи проекта (во введении).
2. Привести наименование и характеристики ОВПФ, возможных при ручной дуговой сварке.
3. Изложить нормативные требования охраны труда к электросварочному оборудованию и электросварочным работам.
4. Подбор и расчет средств защиты применительно к электросварщику ручной дуговой сварки.
5. Изложить требования к рабочему персоналу и организацию проведения электросварочных работ.

Указание: использовать источники: [1], [2], [10], [11], [12]. [15], а также ГОСТ 12.2.007.8. ССБТ. Устройства электросварочные и для плазменной обработки. Требования безопасности.

Приложение 3

Пример изложения содержания введения к курсовому проекту

Примерное содержание введения к теме 6 «Обеспечение безопасного использования автомобильного крана».

Автомобильные краны широко используются во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства. При этом возможны различные опасные и вредные производственные факторы: падение перемещаемых грузов, потеря устойчивости крана, попадание в опасную зону линий электропередач и др. Поэтому тема курсового проекта является актуальной и важной.

Целью курсового проекта является разработка комплекса мероприятий по обеспечению безопасного производства работ с использованием автомобильного крана. Для обеспечения этой цели необходимо решение следующих задач:

1. Выбрать конкретный тип автомобильного крана. Указать его технические характеристики.
2. Определить требуемый состав специалистов и рабочего персонала и требования к их подготовке, включая требования охраны труда и промышленной безопасности.
3. Изложить порядок ввода крана в эксплуатацию.
4. Изложить действующие нормативные требования к организации и порядку производства работ с использованием автомобильного крана.
5. Рассчитать съемное грузозахватное приспособление для перемещения выбранного груза.

Курсовой проект состоит из задания, введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников и оглавления. В первом разделе обоснован выбор типа крана, изложены требования к специалистам и рабочему персоналу, во втором изложен порядок ввода крана в эксплуатацию и производства работ, в третьем выполнен расчет грузозахватного приспособления.

Приложение 4

Пример оформления заключения по курсовому проекту

Заключение по курсовому проекту должно занимать не более 1 стр. Пример оформления заключения приведен ниже применительно к теме 16 «Обеспечение производства газоопасных работ».

Обоснованы актуальность и важность обеспечения безопасного производства газоопасных работ. Указаны нормативные документы, устанавливающие соответствующие требования безопасности. Составлен перечень газоопасных работ. По отдельным работам обоснованы и изложены конкретные требования безопасности. Приведены соответствующие схемы и выполнены необходимые расчеты.

Задание по курсовому проекту выполнено, поставленные задачи решены, цель достигнута.

Приложение 5

Примеры расчетов по отдельным темам курсового проекта

Примеры расчетов к темам 9, 10, 11

1. Защита оборудования, работающего под избыточным давлением, от разрушения

Для защиты сосудов, работающих под давлением, в некоторых случаях используют предохранительные мембраны. Они должны разрываться при превышении давления в защищаемом сосуде более чем на 25 % от рабочего давления.

Площадь F сбросного отверстия сосуда, закрываемого мембраной, определяют по формуле

$$F \approx f \cdot V, \quad (1)$$

где f – удельное пропускное сечение мембраны, $\text{мм}^2/\text{м}^3$;

V – объем защищаемого сосуда, м^3 .

При V до 30 м^3 $f = (1 - 3) 10^5 \text{ мм}^2/\text{м}^3$;

при $V = (30 - 750) \text{ м}^3$ $f = (0,7 - 1,0) 10^5 \text{ мм}^2/\text{м}^3$.

При известном F легко определяется диаметр D мембраны или её диагональ

Следующим этапом расчета предохранительных мембран является определение их толщины.

Для мембран из меди (алюминия) их толщину s , см, находят по формуле

$$s = 10^{-3} kPD, \quad (2)$$

где k – коэффициент, для меди $k = 0,15 - 0,18$, для алюминия $k = 0,33 - 0,38$;

P – разрушающее давление, Па, т. е. давление, при котором мембрана разрушается;

D – диаметр (или диагональ) мембраны в свету, см.

Для мембраны из пластичных материалов толщину t , мм, определяют по выражению

$$s = \frac{PD}{8 \cdot 10^5 \sigma_{\text{вр}} K_t} \sqrt{\frac{1 + (\sigma/100)}{1 + (\sigma/100) - 1}}, \quad (3)$$

где $\sigma_{\text{вр}}$ – предел прочности материала мембраны при растяжении, Па;

K_t – температурный коэффициент, который зависит от рабочей температуры мембраны: для меди при $t = 20-25 \text{ }^\circ\text{C}$;

$K_t = 1$ при $t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$;

$K_t = 0,95$ при $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$;

$K_t = 0,9$ при $t = 200 \text{ }^\circ\text{C}$;

$K_t = 0,78$ при $t = 20 - 25 \text{ }^\circ\text{C}$;

$K_t = 1$ - для всех пластичных материалов (медь, алюминий, никель, титан, нержавеющая сталь);

δ - относительное удлинение материала мембраны при разрыве, %.

Для чугунных мембран их толщину S , см, находят по формуле

$$S = r \sqrt{\frac{0,75P}{\sigma_p}}, \quad (4)$$

где r – радиус мембраны, см;

σ_p – предел прочности на разрыв, Па.

Для ломающихся мембран толщину рабочей части S , мм, рассчитывают по формуле

$$S = \frac{D}{4} \sqrt{\frac{3P}{\sigma_{вр}}} \quad (5)$$

Для срезных мембран их толщину S , мм, находят по выражению

$$S = \frac{D}{4} \frac{P}{\tau_{ср}}, \quad (6)$$

где $\tau_{ср}$ – предел прочности материала мембраны на срез, Па.

Защита сосудов, работающих под давлением, обеспечивается также расчетом толщины их стенок. При этом цилиндрические элементы сосудов делят на тонкостенные ($\beta \leq 1,2$) и толстостенные ($\beta \geq 1,2$), $\beta = D_n / D_v$, где D_n и D_v – соответственно наружный и внутренний диаметры цилиндрической части сосуда.

Расчет толщины стенки S , мм, тонкостенных сосудов ведут по формулам:

по внутреннему диаметру

$$S = \frac{PD_v}{200\sigma_{доп}\varphi - P} + C, \quad (7)$$

по наружному диаметру

$$S' = \frac{P'D_n}{200\sigma_{доп}\varphi - P}, \quad (8)$$

по среднему диаметру

$$S'' = \frac{P''D_v}{200\sigma_{доп}\varphi}, \quad (9)$$

P , P' , P'' - допустимые избыточные давления, определяемые по выражениям

$$P = \frac{200\sigma_{доп}\varphi(S - C)}{D_v + S - C}, \quad (10)$$

$$P' = \frac{200\sigma_{доп}\varphi(S - C)}{D_n - S + C}, \quad (11)$$

$$P'' = \frac{200\sigma_{\text{доп}}\varphi(S-C)}{D_{\text{ср}}}, \quad (12)$$

где $\sigma_{\text{доп}}$ – допустимое напряжение в сосуде, Па, которое находят по формуле

$$\sigma_{\text{доп}} = \sigma_{\text{в}} / n_{\text{в}}, \quad (13)$$

где $\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности металла при температуре 20 °С, Па;

$n_{\text{в}}$ - коэффициент запаса прочности по отношению к пределу прочности, находится по табл. 1.

C – прибавка к расчетной толщине стенки на коррозию, мм; для корродирующей среды $C = (2-6)$ мм, для некорродирующей $C = (0,5-1,0)$ мм;

φ - коэффициент прочности сварочных швов цилиндрических элементов в продольном направлении, $\varphi = 0,7 - 0,9$.

Для проверочных расчетов толстостенных сосудов используют формулу

$$P = 100\sigma_{\text{доп}} \left(\frac{X-1}{X+1} \right), \quad (14)$$

где

$$X = \left[\frac{2(S-C)}{D_{\text{в}}} + 1 \right]^2 \quad (15)$$

Расчет цилиндрической части сосуда может вестись также по формуле (16).

Данные по коэффициенту запаса прочности

Таблица 1

Конструктивные особенности и условия эксплуатации сосудов	Давление в сосудах, $\cdot 10^5$ Па	Температура стенки сосуда, °С	Коэффициенты запаса прочности, $n_{\text{в}}$	
Сосуды бесшовные и сварные с укрепленными отверстиями или без них:	необогреваемые	До 16	От -15 до +200	3,5
		До 50	От -40 до +475	3,75
	обогреваемые	Более 50	От -196 до +700	4,0
		До 16	До +200	3,75
		До 50	До +475	4,0
		Более 50	До +700	4,25
Сосуды сварные и бесшовные с неукрепленными отверстиями или отверстиями с развальцованными в них трубами:	необогреваемые	До 16	От -15 до +200	3,75
		До 50	От -40 до +475	4,0
	обогреваемые	Более 50	От -196 до +700	4,25
		До 16	До +200	4,0
		До 50	До +475	4,25
		Более 50	До +700	4,5

$$S = \frac{PD_{\text{в}}}{(200\sigma_{\text{п}} - R)\varphi} + C, \text{ мм} \quad (16)$$

где P – расчетное давление, кгс/см²;

D_v – внутренний диаметр сосуда, мм;

σ_v – допускаемое напряжение при растяжении, кгс/см²;

R – радиус цилиндрической части сосуда, мм;

φ – коэффициент прочности сварочного шва сосуда, который равен 0,8 – 0,95.

Толщину плоских днищ крышек, заглушек сосудов рассчитывают по формуле

$$S = 0,1d \sqrt{\frac{\mu P}{\sigma_{и}}} + C, \text{ мм} \quad (17)$$

где d – диаметр окружности по центрам отверстий для болтов или внутренний диаметр плоской части днища или крышки сосуда, мм;

μ – поправочный коэффициент, для болтовых соединений $\mu = 0,18$, для привариваемых в стык днищ $\mu = 0,25$, для заглушек $\mu = 0,3$;

P – расчетное давление, кгс/см²;

$\sigma_{и}$ – допускаемое напряжение при изгибе, кгс/см²;

C – поправка на коррозию, мм.

Толщину сферических днищ сосудов находят по формуле

$$S = \frac{D_n \cdot P \cdot \Phi}{200\sigma_{и}} + \epsilon, \text{ мм} \quad (18)$$

где D_n – наружный диаметр днища, мм;

Φ – коэффициент, учитывающий форму днища и изменяющийся от 0,75 (при глухом днище и $h / D_n = 0,5$) до 3,1 (при наличии отверстий в днище и $h / D_n = 0,2$);

h – высота выпуклой части днища, мм;

ϵ – поправка к расчетной толщине днища (2 мм + C).

Примеры расчетов к темам 4,6,7,8

2. Расчет съемного грузозахватного приспособления в виде траверсы

Рассчитать параметры траверсы, включая канатную подвеску, работающей на сжатие, длиной $l = 1,7$ м используемой для подъема удлиненного груза массой $G = 80$ кН. Схема подъема груза изображена на рис. 1. Длина поднимаемого груза $L = 3,5$ м. Канатные элементы изготовлены из стального троса по ГОСТ 7668, траверса изготавливается из стального швеллера по ГОСТ 8240.

Р е ш е н и е

Находим натяжение P_1 в канатах 1, соединяющих груз с траверсой

$$P_1 = \frac{G}{2} = \frac{80}{2} = 40 \text{ кН}$$

Требуемое разрывное усилие R_1 будет

$$R_1 = n \cdot P_1,$$

где $n = 6$ – запас прочности (принимается, что режим работы – тяжелый).

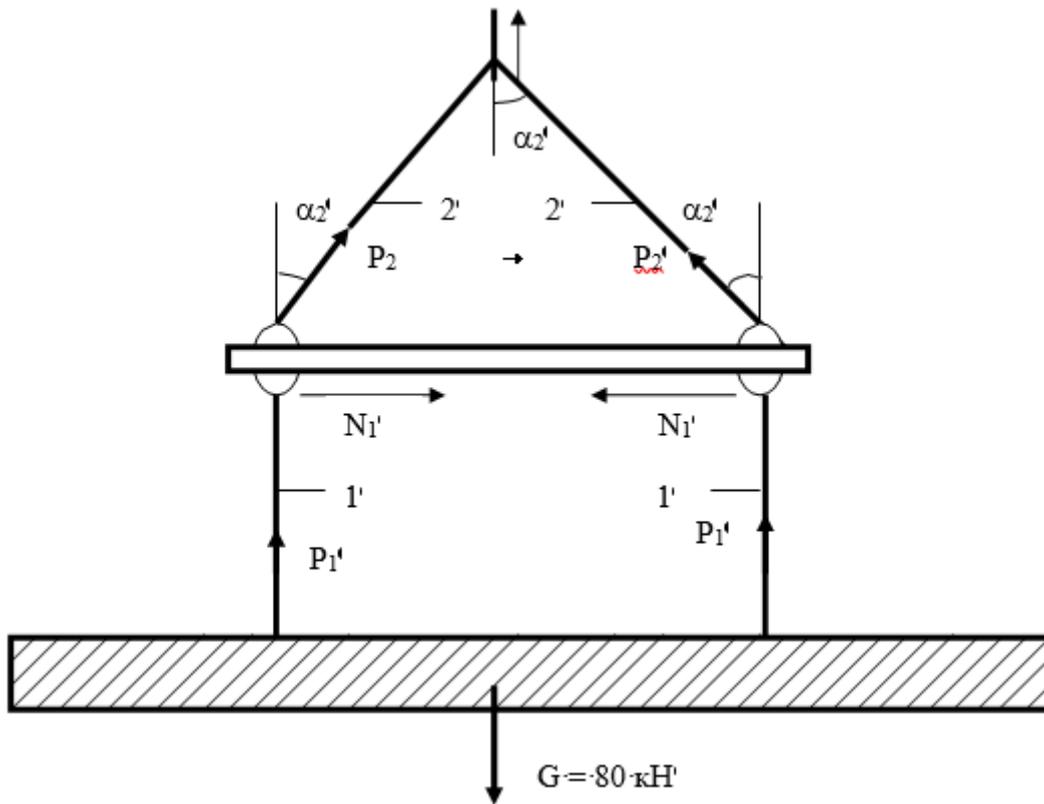


Рис. 1

Имеем

$$R_1 = 6 \cdot 40 = 240 \text{ кН}$$

По ГОСТ 7668 подбираем, что рассчитанному разрывному усилию $R_1 = 240$ кН, соответствует канат диаметром $d = 22,0$ мм при маркировочной группе 1372 МПа, либо $d = 20,5$ мм при маркировочной группе 1568 МПа.

2. Находим натяжение P_2 в стропях 2:

$$P_1 = \frac{1}{\cos \alpha_2} \frac{G}{2} = \frac{1}{\cos 45^\circ} \frac{80}{2} = 56,6 \text{ кН}$$

Требуемое разрывное усилие R_2 будет

$$R_2 = n \cdot P_2 = 6 \cdot 56,6 = 339,6 \text{ кН.}$$

По приведенному выше ГОСТ находим, что при маркировочной группе 1372 МПа, требуемый диаметр стального каната $d = 29$ мм, а при маркировочной группе 1568 МПа $d = 27,0$ мм.

3. Находим сжимающее усилие в траверсе N_1

$$N_1 = G \cdot k_n k_d \frac{\operatorname{tg} \alpha}{2} = 80 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \frac{\operatorname{tg} 45^\circ}{2} \cong 48,4 \text{ кН,}$$

где k_n и k_d – коэффициенты перегрузки и динамичности, соответственно равные 1,1.

4. Определяем площадь $F_{тр}$ поперечного сечения стального швеллера, принимая коэффициент продольного изгиба¹ $\varphi_0 = 0,8$

$$F_{np} = \frac{N_1}{\varphi_0 m R \cdot 0,1} = \frac{48,0}{0,8 \cdot 0,85 \cdot 210 \cdot 0,1} = 3,39 \text{ см}^2$$

где m – коэффициент условий работы для грузозахватных приспособлений $m = 0,85$;

R – расчетное сопротивление прокатной стали, МПа. При напряженных состояниях в виде растяжения, сжатия, изгиба для сталей класса С 38/23 $R = 210$ МПа, для сталей класса С 44/29 $R = 260$ МПа.

По ГОСТ 8240 для изготовления траверсы может использоваться швеллер № 5, имеющий площадь сечения $6,16 \text{ см}^2$ и радиус инерции $r_x^{III} = 1,92 \text{ см}$ (относительно оси $x - x$) и $r_y^{III} = 0,954 \text{ см}$ (относительно оси $y - y$).

5. Находим гибкость траверсы относительно оси $x - x$

$$\lambda_x = l / r_x^{III} = 170 / (1,92) \cong 88,5$$

Найденное значение $\lambda \leq [\lambda] = 180$.

Находим гибкость траверсы относительно оси $y - y$

$$\lambda_y = l / r_y^{III} = 170 / 0,954 = 178,2 < [\lambda] = 180.$$

6. Уточняем коэффициенты продольного изгиба: относительно оси $x - x$ $\varphi_x = 0,699$, относительно оси $y - y$ $\varphi_y = 0,236$.

Коэффициент φ продольного изгиба центрально-сжатых элементов для стали марки Ст3 находится с учетом гибкости λ :

λ	0-19	20-39	40-59	60-79	0,80- 0,99	100- 119	120- 139	140- 159	160- 179	180- 200
φ	1- 0,972	0,97- 0,913	0,92- 0,863	0,86- 0,756	0,75- 0,609	0,60- 0,457	0,45- 0,364	0,36- 0,293	0,29- 0,233	0,23- 0,19

С увеличением λ коэффициент φ уменьшается.

7. Проверяем полученное сечение траверсы на устойчивость относительно оси $x - x$

$$\frac{N_1}{F_{ш} \varphi_x} \leq m \cdot R$$

Имеем

¹ Коэффициент продольного изгиба для траверс из швеллера, двутавра или уголка $\varphi_0 = 0,7- 0,9$, для стальной трубы – 0,4

$$\frac{48,4}{6,16 \cdot 0,699} = 11,2 \text{ кН/см}^2 = 112 \text{ МПа.}$$

$$0,85 \cdot 210 = 178,5 \text{ МПа.}$$

Условие устойчивости относительно оси $x - x$ соблюдается.

Проверяем условие устойчивости относительно оси $y - y$

$$\frac{N_1}{F_{ш} \varphi_y} = \frac{48,4}{6,16 \cdot 0,699} = 33,3 \text{ кН/см}^2 = 333 \text{ МПа}$$

Условие устойчивости по оси $y - y$ не соблюдается. Поэтому целесообразно проверить возможность использования швеллера № 6,5. Он имеет площадь сечения $F_{ш} = 7,51 \text{ см}^2$, $r_x^{\text{III}} = 2,54 \text{ см}$, $r_y^{\text{III}} = 1,08 \text{ см}$. Гибкость траверсы $\lambda_x = 170 / 2,54 = 66,9$, $\lambda_y = 170 / 1,08 = 157,4$. Коэффициенты продольного изгиба будут $\varphi_x = 0,825$, $\varphi_y = 0,298$.

Проверка на устойчивость:

по оси $x - x$

$$\frac{48,4}{7,51 \cdot 0,825} = 7,8 \text{ кН/см}^2 = 78 \text{ МПа,}$$

т.е. устойчивость обеспечивается;

по оси $y - y$

$$\frac{48,4}{7,51 \cdot 0,298} = 21,6 \text{ кН/см}^2 = 216 \text{ МПа,}$$

т.е. устойчивость траверсы, изготовленной из швеллера № 6, 5 не обеспечивается, т.к. $216 > 178,5$.

Используем швеллер № 8, для которого $F_{ш} = 8,98 \text{ см}^2$, $r_x^{\text{III}} = 3,16 \text{ см}$, $r_y^{\text{III}} = 1,19 \text{ см}$. Проверку на устойчивость выполним только по оси $y - y$. Имеем $\lambda_y = 170 / 1,19 = 142,8$, $\varphi_y = 0,350$, $48,4 / (8,98 \cdot 0,350) = 15,4 \text{ кН/см}^2 = 154 \text{ МПа}$. Так как $154 < 178,5$, то траверсу следует изготовить из швеллера № 8.

Приложение 6

Примеры оформления списка использованных источников

Книга одного автора

Попков, О.З. Основы преобразовательной техники: учеб. пособие / О.З. Попков. – Москва. ЭМИ, 2010. – 200 с.

Книга двух или трех авторов

Варламова, Л.Н. Управление документацией: англо-русский аннотированный словарь стандартизованной терминологии / Л.Н. Варламова, Л.С. Баюн, К.А. Бастрикова. – Москва: Спутник +, 2017. – 398 с.

Книга четырех авторов

Управленческий учет и контроль строительных материалов и конструкций: монография / В.В. Говдя, Ж.В. Дегальцева С.В. Чужинов, С.А. Шулепина; под общ. ред. В.В. Говдя. – Краснодар КубГАУ, 2017.- 149 с.

Книга пяти и больше авторов

Распределенные интеллектуальные информационные системы и среды: монография / А.Н. Швецов, А.А. Суконнов, Д.В. Кочкин [и др.]. – Курск Университетская книга, 2017. – 196 с.

Книга, не имеющая индивидуальных авторов (под редакцией)

Сборник задач по физике: учеб. пособие для вузов / под ред. С.М. Павлова. – Москва: Высшая школа, 1995. – 347 с.

Многотомные издания

Издание в целом

Книга о книгах: библиографическое пособие: в 3 т. – Москва: Книга, 1990. – 100 с.

Отдельный том

Адаптивное растениеводство: в 2 т. / В.А. Наумов, А.С. Ступин, Н.А. Лопачев [и др.]. – Москва. – Москва: Лань, 2018. – Т.1 – 352 с.

Статья из журнала

Архипченно, И.А. Микробиологические аспекты очистки сточных вод / И.А. Архипченко, С.П. Сергеев // Известия РАН. Сер. Биология. – 1993. - № 5. – С. 744-758.

Минько, В.М. Морское рыболовство и безопасность / В.М. Минько // Рыбное хозяйство. – 2020. - № 6. – С. 36-40.

Статья из книги, сборника трудов, тезисов докладов

Кафидов, В.М. Рынок и качество продукции / В.М. Кафидов // Инновации в науке и образовании – 2003: междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию рыбохозяйственного образования в России (13–15 окт.): материалы / КГТУ. – Калининград, 2003. – С. 260-261.

Локальный электронный методический материал

Виктор Михайлович Минько

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Редактор И. Голубева

Локальное электронное издание
Уч.-изд. л. 1,7. Печ. л. 1,5

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1