

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тюменский государственный нефтегазовый университет»

**А. П. Леонтьев, А. Г. Мозырев,  
А. Н. Гребнев, С. Г. Головченко**

# **ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Учебное пособие*

Тюмень  
ТюмГНГУ  
2012

УДК 66.05.001.2  
ББК 35.11  
Л47

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор В. С. Калекин  
кандидат технических наук, доцент А. П. Школенко

**Леонтьев, А. П.**

Л47 Прочностные расчеты отдельных элементов технологического оборудования : учебное пособие / А. П. Леонтьев, А. Г. Мозырев, А. Н. Гребнев, С. Г. Головченко. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2012. – 144 с.  
ISBN 978-5-9961-0575-5

Учебное пособие включает теоретический материал, методики расчета различных элементов оборудования (корпусов и днищ вертикальных и горизонтальных аппаратов, опор, фланцевых соединений и т. д.), содержит большой объем справочного материала для расчета аппаратов. В пособии приведены примеры прочностных расчетов наиболее важных элементов оборудования.

Учебное пособие подготовлено в соответствии с рабочей программой курса «Расчет и конструирование элементов оборудования нефтепереработки и нефтехимии» и предназначено для студентов дневной и заочной формы обучения по направлению 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» и по специальности 240801 «Машины и аппараты химических производств».

УДК 66.05.001.2  
ББК 35.11

ISBN 978-5-9961-0575-5

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего  
профессионального образования  
«Тюменский государственный  
нефтегазовый университет», 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. РАСЧЕТ ОПОР ВЕРТИКАЛЬНОГО АППАРАТА.....	6
1.1. Задание для контрольной работы студентам заочникам.....	17
2. РАСЧЕТ ОПОР ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	18
2.1. Пример расчета горизонтальной опоры.....	26
2.2. Темы заданий для курсового проекта.....	27
3. РАСЧЕТ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	30
3.1. Основные стандарты на фланцевые соединения.....	30
3.2. Конструкции фланцев.....	32
3.3. Расчет фланцевых соединений.....	33
3.4. Выбор типа фланца и уплотнительной поверхности.....	33
3.5. Расчет болтов (шпилек).....	33
3.6. Расчет фланцев.....	38
3.6.1. Фланцы цельного типа.....	38
3.6.2 Плоские приварные фланцы.....	39
3.7. Пример расчет фланцевого соединения.....	40
3.7.1. Выбор типа фланца и уплотнительной поверхности.....	40
3.7.2. Расчет болтов (шпилек).....	41
3.7.3. Расчет фланцев.....	42
3.7.4. Фланцы цельного типа.....	43
3.7.5 Плоские приварные фланцы.....	43
4. ШТУЦЕРА.....	44
4.1. Варианты заданий для расчета фланцев.....	47
5. РАСЧЕТ АППАРАТОВ С РУБАШКАМИ.....	49
5.1. Расчет рубашки, работающей под избыточным внутренним давлением.....	50
5.2. Расчет толщины стенок цилиндрических рубашек и днищ, работающих под избыточным наружным давлением.....	51
5.3. Варианты для выполнения контрольных работ.....	66
6. РАСЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	69
6.1. Порядок расчета.....	69
6.2. Расчет деталей аппарата.....	70
6.2.2. Расчет толщины стенки цилиндрической части аппарата.....	70
6.2.3. Допускаемое напряжение.....	71
6.2.4. Толщина стенки днищ.....	73
6.2.5. Проверка напряжений в нижней части стенки аппарата и в нижнем днище при проведении гидравлических испытаний.....	74
6.3. Расчет аппаратов на действие ветровых сил.....	75
6.3.1. Форма и основные размеры опор вертикальных аппаратов.....	76
6.3.2. Ветровая нагрузка.....	77
6.3.3. Проверка прочности фундамента.....	84

6.3.4. Определение толщины фундаментного кольца.....	85
6.3.5 Расчет аппарата на устойчивость.....	86
6.3.6. Расчет сварного шва, соединяющего опорную часть с аппара- том.....	87
6.3.7. Проверка устойчивости формы в сжатой зоне стенки цилиндриче- ской опорной части и корпуса.....	88
6.3.8. Нижнее сечение корпуса.....	89
6.4. Пример механического расчета ректификационной колонны.....	89
6.4.1. Исходные данные.....	90
6.4.2. Порядок расчета.....	90
6.4.3. Выбор материала.....	92
6.4.4. Толщина стенки цилиндрической части аппарата.....	92
6.4.5. Допускаемое напряжение.....	92
6.4.6. Толщина стенки днищ.....	94
6.4.7. Проверка напряжений в нижней части стенки аппарата и в ниж- нем днище при проведении гидравлически испытаниях.....	95
6.4.8. Расчет аппаратов на действие ветровых сил.....	96
6.5. Варианты для выполнения курсового проекта.....	112
7. КОМПЕНСАТОРЫ.....	113
7.1. Линзовые компенсаторы.....	118
8. АППАРАТЫ, РАБОТАЮЩИЕ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ.....	125
8.1. Специальная обтюрация.....	129
8.2. Варианты заданий для контрольных работ.....	135
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	136
Список литературы.....	143

## ВВЕДЕНИЕ

Действующий учебный план предусматривает прохождение профилирующего курса «Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли» на четвертом курсе после изучения таких дисциплин, как материаловедение, детали машин, теория машин и механизмов сопротивление материалов, химическое сопротивление и защита от коррозии и др.

Дисциплина «Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли» имеет целью изучение теоретических основ и методов расчета на прочность технологического оборудования, формирование у студентов навыков по расчету отдельных элементов и узлов типовой и специальной аппаратуры. Освоение изучаемого курса позволит будущим специалистам самостоятельно решать технические задачи, стоящие перед инженерами, работающими в области конструирования, эксплуатации и ремонта оборудования в нефтегазоперерабатывающей и химической промышленности.

Студенты-заочники прорабатывают большую часть курса самостоятельно, а отдельные наиболее важные и сложные разделы курса излагаются на специальных лекциях во время зачетно - экзаменационной сессии.

Для закрепления теоретического материала и приобретения практических навыков по расчету отдельных элементов оборудования, студент выполняет и представляет на кафедру контрольную работу перед сдачей зачета.

Контрольная работа выполняется по 30 вариантам. Студент-заочник принимает для выполнения вариант, соответствующий последней цифре своего шифра (если шифр заканчивается нулем, то следует выполнить вариант 10, 20 или 30 по указанию преподавателя).

Исходные данные для выполнения контрольных работ приведены в приложениях в конце учебного пособия. Для облегчения выполнения контрольной работы в методических указаниях приведен пример типовых расчетов.