

Министерство образования и науки Российской Федерации
Казанский государственный технологический университет

НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ

Методическое указание к выполнению контрольных работ

2007



Составители: профессор С.И. Пошикаров
доцент С.И. Валеев

Надежность и долговечность технологического оборудования: Метод. Указания к выполнению контрольных работ/Казан. гос. техн. ун-т, Сост.: С.И. Пошикаров, С.И. Валеев, 2005. 15 с.

Приведены контрольные вопросы и задачи по дисциплине «Надежность и долговечность технологического оборудования».

Предназначены для студентов, обучающихся по специальностям «Машины и аппараты химических производств» (170500) и «Оборудования нефтегазопереработки» (171700), заочной формы обучения.

Подготовлены на кафедре МАХП КГТУ.

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Надежность и долговечность технологического оборудования» базируется на дисциплинах, которые изучались студентами ранее («Физика», «Сопротивление материалов», «Конструирование и расчет машин и аппаратов отрасли», «Машины и аппараты химических производств», «Материаловедение» и др.). При этом предполагается самостоятельная работа заочника по учебной литературе, рекомендуемой в данном методическом указании, а также при выполнении лабораторных работ. До сдачи экзамена необходимо получить положительную рецензию на контрольное задание, состоящее из трех вопросов и одной задачи. Вариант контрольного задания выбирается по двум признакам: начальной букве своей фамилии и последней цифре шифра, который закреплен за студентом (в соответствии с табл. 1). Например, фамилия Котов И.И., шифр-128216. В табл. 1 на пересечении строки «К» со столбцом 6 находим вариант контрольного задания – 12. Определив свой вариант, студент по таблице 2 устанавливает, какие вопросы и задачи ему следует выполнить в своей контрольной работе.

К контрольным работам предъявляются следующие требования:

- 1). Задание должно быть выполнено полностью и аккуратно оформлено;
- 2). Контрольную работу следует выполнять рукописно (цвет не красный), все страницы должны быть пронумерованы;
- 3). На каждой странице с правой стороны необходимо оставлять поля не менее 25-30 мм для замечаний рецензента;
- 4). Схемы и эскизы следует выполнять четко и аккуратно с использованием чертежных принадлежностей, не допускается использовать ксерокопии;
- 5). Титульный лист каждого задания выполняется по форме, указанной в приложении, на первой странице дается вариант контрольного задания и его содержание, в конце работы приводится список использованной литературы;
- 6). Контрольную работу нужно обязательно подписать и указать дату выполнения;

7). Работы, оформленные с нарушением перечисленных требований, на проверку не принимаются.

Сроки выполнения контрольной работы устанавливаются учебным графиком. Работы рецензируются и оцениваются преподавателем. В случае отрицательной рецензии студент должен исправить все ошибки, дать исчерпывающие письменные ответы и направить работу на повторное рецензирование. Стирать или зачеркивать замечания не разрешается. Исправления отдельно от работы не рассматриваются.

Таблица 1.

Варианты контрольных заданий

Начальная буква фамилии студента	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Б	4	30	7	8	2	1	3	25	23	5
В	9	24	22	14	18	13	21	26	27	6
Г	11	20	29	12	28	17	16	15	19	10
Д	5	27	16	23	26	15	25	21	17	19
Е	6	3	13	28	1	18	12	2	14	29
Ж	8	22	20	7	24	11	30	10	4	9
З	9	14	10	30	11	24	7	20	22	8
И	29	14	2	12	18	1	28	13	3	6
К	19	17	21	25	26	23	16	27	5	13
Л	10	19	16	15	17	28	12	29	30	1
М	6	27	1	21	13	18	14	22	24	9
Н	5	23	25	3	1	2	8	2	30	4
О	10	4	9	11	5	6	22	9	8	6
П	19	30	14	20	27	3	33	4	22	27
Р	16	2	8	29	16	12	10	20	26	7
С	15	8	14	12	23	28	24	30	7	5
Т	17	2	18	28	26	1	10	11	24	13
У	28	1	13	17	15	30	24	3	18	5
Ф	12	3	21	15	25	12	11	7	30	14
Х	29	25	26	16	21	2	4	25	10	22
Ц	20	23	27	19	17	14	9	22	4	24
Ч	11	5	7	10	19	29	5	8	9	1
Ш	29	4	20	28	26	17	21	25	3	16
Щ	27	13	7	3	1	13	29	24	4	12
Э	7	26	12	14	25	2	16	19	6	11
Ю	23	5	28	8	26	10	29	30	27	18
Я	6	13	17	19	16	20	22	24	26	15
	27	18	15	9	21	13	7	20	21	27

Таблица 2

Контрольное задание

№ варианта	№ вопросов, входящих в вариант	№ задачи, входящей в вариант	№ варианта	№ вопросов, входящих в вариант	№ задачи, входящей в вариант
1	1-1; 2-11; 3-20	1АМ	16	1-16; 2-5; 3-3	8К
2	1-2; 2-7; 3-19	2АМ	17	1-17; 2-17; 3-4	9К
3	1-3; 2-12; 3-18	3АМ	18	1-18; 2-13; 3-5	1АМ
4	1-4; 2-14; 3-9	4АМ	19	1-19; 2-6; 3-6	2АМ
5	1-5; 2-19; 3-8	5АМ	20	1-20; 2-1; 3-7	3АМ
6	1-6; 2-20; 3-16	6АМ	21	1-21; 2-18; 3-12	1К
7	1-7; 2-21; 3-17	7АМ	22	1-22; 2-24; 3-13	2К
8	1-8; 2-9; 3-11	8АМ	23	1-23; 2-3; 3-15	3К
9	1-9; 2-23; 3-6	1К	24	1-24; 2-19; 3-14	5АМ
10	1-10; 2-2; 3-12	2К	25	1-25; 2-29; 3-1	6АМ
11	1-11; 2-15; 3-20	5К	26	1-26; 2-28; 3-11	4К
12	1-13; 2-22; 3-5	4К	27	1-27; 2-27; 3-2	5К
13	1-13; 2-26; 3-18	5К	28	1-28; 2-8; 3-10	6К
14	1-14; 2-25; 3-15	6К	29	1-29; 2-23; 3-1	8К
15	1-15; 2-4; 3-3	7К	30	1-30; 2-16; 3-2	7АМ

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Вопросы к контрольному заданию.

РАЗДЕЛ I.

Тема 1. Надежность оборудования потенциально опасных производств.

Понятие надежность, долговечность, безотказность, ремонтпригодность. Критерии отказа. Техническая диагностика. Задачи технического диагностирования. Основные принципы технического диагностирования. Требования, предъявляемые к конструкционным материалам. Определение механических характеристик материалов. Критерии сопротивления различным видам разрушения (хрупкое, квазихрупкое, вязкое, разрушение при малоцикловой и многоцикловой усталости). Определение напряженно-деформированного состояния оборудования. Старение материалов. Виды коррозии и методы их оценки. Виды изнашивания и методы их определения. Прогнозирование остаточного ресурса.

Литература [1-3,6].

Тема 2. Неразрушающий контроль и дефекты продукции

Классификация методов неразрушающего контроля. Эффективность методов неразрушающего контроля. Понятие о дефектах. Дефекты литья (усадочные раковины и рыхлости, ликвация, неметаллические включения, горячие и холодные трещины и др.). Дефекты обработки давлением (риски, волосовины, расслоения, фликены, разрывы и др.). Дефекты термообработки (перекос, перекос,

трещины термические и др.). Дефекты сварных соединений материалов (поры, шлаковые включения, непровар, подрез, трещины и др.). Эксплуатационные и дефекты механической обработки. Влияние дефектов на работоспособность конструкций.

Литература [2-9, 14].

РАЗДЕЛ 2.

Тема 1. Капиллярная дефектоскопия

Классификация методов. Физические основы метода. Технология и средства контроля. Обработка дефектоскопическими материалами. Осмотр объекта контроля. Чувствительность капиллярного контроля. Методика контроля.

Литература [1, 3-10, 15, 16].

Тема 2. Магнитная дефектоскопия

-Физические основы (характеристика постоянного магнитного поля, магнитные свойства материала). Структура поля рассеивания над сварным соединением. Методы регистрации и измерения магнитных полей. Обнаружение дефектов при магнитных методах. Магнитопорошковый метод (чувствительность контроля, способы намагничивания). Методика контроля. Аппаратура и материалы.

Литература [1, 3-10, 14, 17].

Тема 3. Ультразвуковая дефектоскопия.

Физические основы (типы ультразвуковых волн, фронт волны и др.). Классификация методов акустического контроля (эхомпульсный метод, теневой, зеркально-теневой, эхозеркальный метод и др.). Аппаратура для ультразвукового контроля (ультразвуковые преобразователи, ультразвуковой дефектоскоп и др.). Основные параметры контроля. Эталонирование чувствительности дефектоскопа (реальная, абсолютная, предельная, браковочная, поисковая, условная чувствительности). Основы дефектометрии (определение глубины залегания дефектов, измерение размеров дефектов, оценка величины дефектов по условным размерам). Технология ультразвукового контроля. Контроль сварных соединений и наплавов. Контроль поковок. Контроль труб. Ультразвуковая толщинометрия (эхомпульсная и резонансная толщинометрия).

Литература [1, 3-14].

РАЗДЕЛ 3

Тема 1. Диагностирование технического состояния технологических трубопроводов, сосудов и аппаратов, работающих под давлением.

Область применения и назначения правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Регистрация сосудов, работающих под давлением. Основные принципы и виды технического освидетельствования сосудов, работающих под давлением. Диагностирование сосудов, работающих под давлением (анализ технической документации,

визуальный контроль и др.). Гидравлическое (пневматическое) испытание сосудов, работающих под давлением.

Классификация промышленных трубопроводов. Классификация технологические трубопроводы с условным давлением до 10 МПа. Классификация технологические трубопроводы высокого давления свыше 10 МПа до 320 МПа. Применение трубопроводной арматуры. Размещение технологических трубопроводов. Опоры и подвески технологических трубопроводов. Компенсация температурных деформаций технологических трубопроводов. Контроль качества сварных соединений технологических трубопроводов. Гидравлическое (пневматическое) испытание на прочность и плотность технологических трубопроводов.

Литература [1,2, 18,19].

ЛИТЕРАТУРА

1. Грив В.В. Диагностика технического состояния оборудования нефтегазохимических производств. Обзор нормативно-технической документации.-М.: ЦИИТЭнфтехим, 1988. 180с.

2. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций.-М. Машиностроение. 1990. 448 с.

3. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий. Учебник для ПТУ.-М.: Высшая школа, 1991. 271 с.

4. Ермолов И.Н., Останян Ю.Я. Методы и средства неразрушающего контроля качества: Учебное пособие для инженерно-техн. спец. вузов.- М.: Высшая школа, 1988.- 368 с.

5. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник. В2-хкн./Под редакцией В.В. Ключева.-М.:Машиностроение, 1988. кн.1-488с., кн.2-352 с.

6. Химченко Н.В., Бобров В.А. Неразрушающий контроль в химической и нефтяном машиностроении.-М.Машиностроение. 1978, 264 с.

7. Румянцев С.В., Добромыслов В.А, Борисов О.И. Неразрушающие методы контроля сварных соединений.М.: Машиностроение. 1976, 335 с.

8. Контроль качества сварки. Под ред. Волченко В.П. М. Машиностроение. 1975, 328 с.

9. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Контроль качества сварочных работ.: Учебное пособие для сред. ПТУ.-2-е изд. Перераб и доп.-М.:Высшая школа. 1986, 207 с.

10. ГОСТ 18353-79 Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.

11. Неразрушающий контроль. В 5 книгах. Книга 2. Акустические методы контроля.: Практическое пособие/Под ред. В.В. Сухорукова, М.: Высшая школа. 1991, 283 с.

12. Выборнов Б.И. Ультразвуковая дефектоскопия. 2-е издание. М. Металлургия. 1985, 256 с.

13. Методы акустического контроля металлов/Под редакцией И.П. Алешина.- М.Машиностроение. 1989, 456 с.

14. Назаров С.Т. Методы контроля качества сварных соединений. М.Машиностроение. 1964, 228 с.

15. Маслов Б.Г. Дефектоскопия проникающими веществами. М. Высшая школа. 1991, 256 с.

16. ГОСТ 18442-80 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.

17. Дегтярев А.П., Есиповский В.П. Состояние и направление развития магнитных методов неразрушающего контроля физико-механических свойств стали. М.ЦИИТЭИприборостроения. 1978, 55 с.

18. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

19. ПБ 03-585-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов.

Вопросы к разделу 1

1. Техническое диагностирование. Основные задачи технического диагностирования.
2. Надежность, безопасность, долговечность, ремонтпригодность. Критерии отказа.
3. Определение и контроль состава и структуры конструкционных материалов.
4. Металлографический анализ.
5. Определение механических характеристик материалов: испытание на растяжение, на изгиб, ударные испытания.
6. Определение механических характеристик материалов: испытание на ползучесть, на усталость.
7. Определение механических характеристик материалов: определение характеристик трещиностойкости, определение твердости материала.
8. Критерии сопротивления различным видам разрушения. Виды разрушения.
9. Разрушение при малоциклового и многоциклового усталости.
10. Оценка напряженно-деформированного состояния оборудования.
11. Старение материалов.
12. Виды коррозии и методы их оценки (коррозия по типу агрессивных сред).
13. Виды коррозии и методы их оценки (коррозия по характеру разрушения).
14. Определение коррозионной стойкости материалов.
15. Виды изнашивания и методы их определения.
16. Методы прогнозирования остаточного ресурса.
17. Дефекты литья и способы их устранения, методы обнаружения (усалочные раковины).
18. Дефекты литья и способы их устранения, методы обнаружения (ликвация).
19. Дефекты литья и способы их устранения, методы обнаружения (неметаллические включения).
20. Дефекты литья и способы их устранения, методы обнаружения (трещины).
21. Дефекты термообработки и их обнаружения.
22. Дефекты, возникающие при механической обработке и их обнаружение.

23. Дефекты сварки (непровар, сварочные трещины и т.д.) и методы их обнаружения.
24. Эксплуатационные дефекты и их обнаружения.
25. Влияние дефектов сварки на работоспособность конструкций.
26. Способы исправления дефектов.
27. Классификация и краткая характеристика методов неразрушающего контроля.
28. Эффективность методов неразрушающего контроля.
29. Понятие о дефектах. Классификация.
30. Надежность, безопасность, долговечность, ремонтпригодность. Критерии отказа.

Вопросы к разделу 2.

1. Область применения капиллярных методов контроля.
2. Классификация методов капиллярного метода дефектоскопии.
3. Физические основы капиллярного метода дефектоскопии, подготовительные операции капиллярного метода дефектоскопии
4. Обработка объекта дефектоскопическими материалами (назначение пенетранта и их виды) в капиллярном методе дефектоскопии.
5. Обработка объекта дефектоскопическими материалами (устранение излишков пенетранта).
6. Обработка объекта дефектоскопическими материалами (проявление).
7. Обнаружение дефектов и расфигуровка результатов капиллярного контроля.
8. Чувствительность капиллярного контроля и ее проверка.
9. Физические основы магнитной дефектоскопии.
10. Магнитные свойства материала (магнитная проницаемость), петля гистерезиса.
11. Обнаружение дефектов при магнитных методах.
12. Структура поля рассеивания над сварным соединением.
13. Магнитопорошковая дефектоскопия, чувствительность магнитопорошкового метода дефектоскопии, основные схемы намагничивания (продольное, циркуляционное, комбинированное).
14. Способ приложенного магнитного поля и способ остаточной намагниченности.
15. Методика магнитопорошкового метода контроля.
16. Основные методы акустического неразрушающего контроля (теневой, временнотеневой, эхометод, эхозеркальный методы).
17. Основные методы акустического неразрушающего контроля (реверберационный, импеданский методы, зеркально-тепловой, эхотеневой методы).
18. Основные методы акустического неразрушающего контроля (теневой, временно-тепловой, эхометод пассивный метод).
19. Виды и типы волн (продольные, поперечные, поверхностные, волны Рэлея, головные волны, волны в слоях и пластинах, волны в стержнях)
20. Акустические свойства сред (импеданс и волновое сопротивление среды, коэффициент затухания), пьезоэлектрические преобразователи и их характеристики
21. Структурная схема импульсного ультразвукового дефектоскопа, прямой и наклонный ПЭИ для контроля эхометода.

22. Структурная схема импульсного ультразвукового дефектоскопа, раздельно-совмещенный ИЭП для контроля эхометода.
23. Общие положения методики ультразвукового контроля (выбор схемы контроля).
24. Общие требования к поверхности ввода объекта при ультразвуковом контроле.
25. Измерения размеров дефектов, оценка формы дефектов при ультразвуковом методе контроля.
26. Контроль поковок и литья, труб при ультразвуковом методе контроля.
27. Основы ультразвуковой толщинометрии, структурная схема импульсного толщиномера.
28. Стандартные образцы для проверки и настройки основных параметров аппаратуры и метода ультразвукового контроля (CO_1 , CO_2 , CO_3 и т.д.).
29. Подготовка изделия к контролю.
30. Контроль сварных швов.

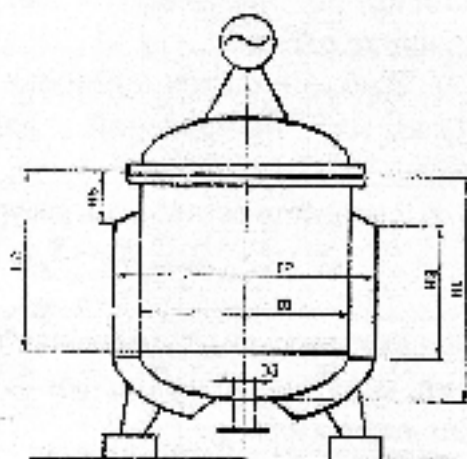
Вопросы к разделу 3.

1. Правила ИБ 03-576-03 распространяются на:
2. Правила ИБ 03-576-03 не распространяются на:
3. Сварные швы и их расположение.
4. Основные виды неразрушающего контроля металла и сварных соединений, группы сосудов.
5. Гидравлическое испытание сосудов.
6. Регистрация сосудов.
7. Техническое освидетельствование сосудов (наружный и внутренний осмотры, гидравлическое испытание).
8. Техническое освидетельствование сосудов (всочередное).
9. Виды технического освидетельствования сосудов.
10. Классификация технологических трубопроводов с давлением до 10 МПа.
11. Классификация технологических трубопроводов с давлением свыше 10 МПа до 320 МПа.
12. Запорная трубопроводная арматура.
13. Опоры и подвески трубопроводов.
14. Компенсации температурных деформаций трубопроводов.
15. Контроль качества сварных соединений стальных трубопроводов. Краткая характеристика.
16. Гидравлическое испытание на прочность и плотность трубопроводов.
17. Пневматическое испытание на прочность и плотность трубопроводов.
18. Ревизия трубопроводов с давлением до 10 МПа.
19. Ревизия трубопроводов высокого давления свыше 10 МПа.
20. Генеральная выборочная ревизия трубопроводов высокого давления.

ЗАДАЧИ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

(АМ) Выполнить расчет на прочность и устойчивость аппарата с мешалкой, схема которого представлена на рис. 1.

Технологические и конструкционные параметры аппарата (в зависимости от расчетного варианта) принять из табл. 1.



Содержание расчета:

1. Выбор конструкционных материалов для элементов аппарата.
2. Рассчитать остаточный ресурс сосуда:

$$\tau = \frac{S_{\phi} - S_p}{a}$$

где S_{ϕ} - фактическая минимальная толщина стенки элемента корпуса аппарата, мм в нашем случае рассчитывается как:

$S_{\phi} = 14-0.1 \cdot \text{последняя цифра шифра}$

(Например, фамилия Котов И.И., шифр-128216, значит $S_{\phi} = 14-0.1 \cdot 6 = 13.4$ мм)

S_p - расчетная толщина стенки обечайки корпуса, рассчитывается по ГОСТ 14249-89: обечайка, нагруженная внутренним давлением

$$s_p = \frac{P \cdot D}{2[\sigma] \phi}$$

$[\sigma]$ - допускаемое напряжение при заданной температуре;

D - внутренний диаметр аппарата;

P - внутреннее давление;

ϕ - коэффициент прочности сварного шва;

обечайка, нагруженная наружным давлением

$$s_v = \frac{1.1 P \cdot D}{2[\sigma]}$$

a - скорость равномерной коррозии (эрозионного изнашивания), мм/год:

$$a = \frac{S_1 - S_2}{T_1 - T_2}$$

S_1 - паспортная толщина стенки корпуса для всех вариантов принимается 15 мм;

T_1 - год выполнения контрольного задания, в нашем случае 2007;

T_2 - год ввода сосуда в эксплуатацию (по таблице 1).

3. Расчет фланцевого соединения корпус с крышкой (определение болтовой нагрузки, выбор прокладки, определение числа или диаметра болтов, расчет толщины фланцев).

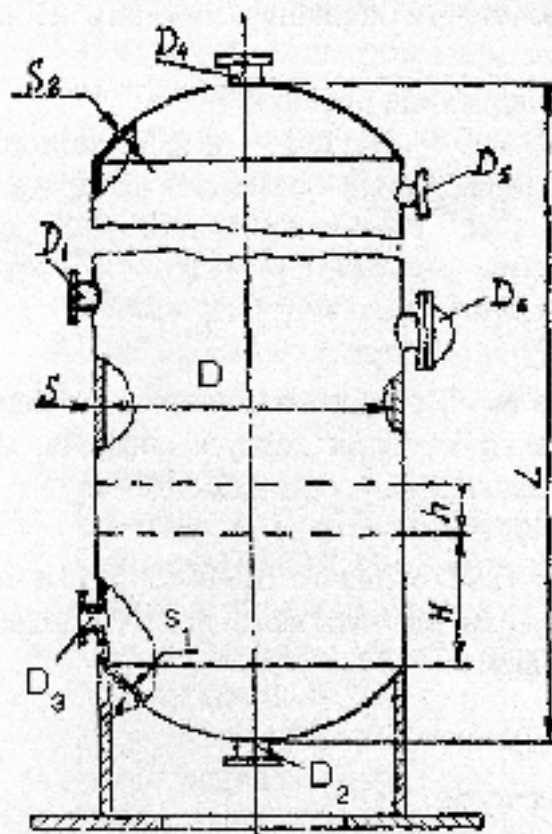
4. Выбор опор (стоек) и их расчет на прочность.

5. Расчет корпуса и рубашки сосуда на прочность и устойчивость.

Расчет по пункту 1,2 входит в отчет контрольной работы.

Расчеты по пунктам 3,4,5 выполняются после выполнения лабораторной работы по курсу НТО во время сессии (в отчет контрольной работе не входит).

(К) Рассчитать и спроектировать ректификационную колонну, схема которой представлена на рис.2. Технологические и конструктивные параметры аппарата (в зависимости от варианта) принять из табл. 2. Тарелки решетчатые провальные. Нормативный скоростной напор ветра для III района территории (цз-4501а).



Содержание расчета:

1. Выбор конструкционных материалов и допускаемых напряжений для элементов колонны.

2. Рассчитать остаточный ресурс сосуда:

$$T = \frac{S_s - S_r}{\alpha}$$

где S_s - фактическая минимальная толщина стенки элемента корпуса аппарата, мм в нашем случае рассчитывается как:

$S_s = 14 - 0.1$ - последняя цифра шифра

(Например, фамилия Котов И.И., шифр-128216, значит $S_s = 14 - 0.1 \cdot 6 = 13.4$ мм)

S_r - расчетная толщина стенки обечайки корпуса, нагруженной внутренним давлением по ГОСТ 14249-89:

$$S_r = \frac{P \cdot D}{2[\sigma] \phi - P}$$

$[\sigma]$ - допускаемое напряжение при заданной

температуре;

D - внутренний диаметр аппарата;

P - внутреннее давление;

ϕ - коэффициент прочности сварного шва;

α - скорость равномерной коррозии (эрозийного изнашивания), мм/год:

$$\alpha = \frac{S_s - S_r}{T_1 - T_2}$$

S_r - паспортная толщина стенки корпуса для всех вариантов принимается 15 мм;

T_1 - год выполнения контрольного задания, в нашем случае 2007;

T_2 - год ввода сосуда в эксплуатацию (по таблице 1).

3. Определение толщины стенки корпуса, крышки, днища, люка, штуцеров с учетом давления.

4. Расчет колонны на ветровую нагрузку.

5. Выбор опоры аппарата и расчет ее на прочность и устойчивость.

6. Расчет на прочность укреплений штуцеров.

7. Расчет колец жесткости (для вакуумных колонн).

Расчет по пункту 1,2 входит в отчет контрольной работы.

Расчеты по пунктам 3,4,5 выполняются после выполнения лабораторной работы по курсу НТО во время сессии (в отчет контрольной работе не входит).

Таблица 3

Вариант	Корпус			Рубашка			Дата ввода в эксплуатацию	D ₁ мм	D ₂ мм	D ₃ мм	H ₁ мм	H ₂ мм	H ₃ мм
	Давле-ние, МПа	Тем-ра, °C	Среда	Давле-ние, МПа	Тем-ра, °C	Среда							
1АМ	0.6	65	Азотная кислота	0.3	45	вода	1982	1600	1700	100	2255	1695	140
2АМ	0.4	100	Толуол	0.17	114	Водяной пар	1980	1400	1500	220	2250	1680	200
3АМ	0.4	90	Глицерин	0.5	157	Водяной пар	1990	1200	1300	160	1850	1375	140
4АМ	1.0	20	Диэтиловый эфир	0.5	180	Водяной пар	1991	2000	2200	280	2840	1990	300
5АМ	0.5	120	Серо-желтая кислота 100%	0.8	200	Водяной пар	1988	2200	2400	280	3230	2320	300
6АМ	0.1	20	30% азотная кислота	0.4	20	вода	1987	1800	1900	220	2665	1980	200
7АМ	0.6	85	нейтральная С ₁₂ масл.	0.3	49	вода	1986	2800	3000	280	3700	2590	350
8АМ	0.3	50	содержащая 1% серной кислоты	0.38	29	вода	1990	2400	2600	260	3450	2500	300

Таблица 4

Вариант	Среда (разделенная)	Давление, МПа	Температура, °C	Диаметр колонны (внутренний), мм	Высота колонны, l, мм	Число тарелок, n	Шаг тарелки, h	Условные проходы штулеров, мм					Дата ввода в эксплуатацию
								D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	
1К	Ацетон-вода	0.2	121	1000	25000	36	500	100	125	400	300	100	1986
2К	Вода-фенол	0.2	208	1200	28000	33	600	125	150	500	400	125	1990
3К	Этан-этилен	4.0	24	1600	30000	32	700	150	200	500	400	150	1989
4К	Пропан-пропилен	2.0	58	1400	25000	30	600	150	200	500	400	150	1987
5К	Вода-уксусная кислота	0.2	144	1000	20000	32	450	100	125	350	300	100	1991
6К	Жирные кислоты	0.5	257	1200	22000	26	600	125	150	500	500	125	1980
7К	Жирные кислоты	0.5	257	1000	18000	28	450	100	125	500	400	100	1983
8К	Пропан-пропилен	3.1	70	1600	22000	32	500	100	150	500	400	100	1979
9К	Ацетон-вода	1.0	109	1000	30000	32	500	125	200	400	300	100	1984

Поникаров Сергей Иванович
Валеев Сергей Ильдусович

**НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

Методическое указание к выполнению контрольных работ

Корректор Ю.Е.Стрыхарь

Лицензия № 020404 от 6.03.97

Подписано в печать

Формат 60х84 1/16

Бумага писчая

Печать Riso

усл. печ.л.

уч.-изд.л.

Тираж 100 экз.

Заказ «С»

Издательство Казанского государственного
технологического университета

Офсетная лаборатория Казанского государственного
технологического университета
420015, Казань, К.Маркса, 68