

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
“ Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського ”

**РОЗРАХУНОК І КОНСТРУЮВАННЯ ТИПОВОГО  
УСТАТКУВАННЯ – 1. ТОНКОСТІННІ ПОСУДИНИ  
ТА АПАРАТИ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до самостійної роботи студентів

2016

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ**

**по вивченню кредитного модуля**

**“Розрахунок і конструювання типового устаткування – 1.  
Тонкостінні посудини та апарати”**

для напрямку 6.050503 - Машинобудування  
спеціальності 7(8).05050314 - Обладнання фармацевтичних та  
біотехнологічних виробництв  
форми навчання денна

*Рекомендовано вченою радою факультету  
біотехнології і біотехніки «КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»*

Київ  
«КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
2016

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» спеціальності 7/8.05050314 «Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв», по вивченню кредитного модуля “Розрахунок і конструювання типового устаткування – 1. Тонкостінні посудини та апарати” електронне видання / Уклад.: С.І. Костик, О.А. Асафтей. – К.: КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО, 2016. – 26 с.

Гриф «Рекомендовано вченою радою факультету біотехнології і біотехніки НТУУ «КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

(Протокол № 6 від 26.12.2016 р.)

Навчальне видання

**Розрахунок і конструювання типового устаткування – 1.**

**Тонкостінні посудини та апарати**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до самостійної роботи

для студентів напряму підготовки

6.050503 «Машинобудування»

спеціальності 7/8.05050314 «Обладнання фармацевтичних

та біотехнологічних виробництв»

Укладачі: *Костик Сергій Ігорович*, к.т.н., асистент

*Асафтей Олена Антонівна*, асистент

Відповідальний  
редактор

*В.М. Мельник*, докт. техн. наук, професор

Рецензент

*Д.О. Красновид*, канд. техн. наук., доцент

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Тематика лекційних занять.....	6
2. Приблизна тематика практичних занять.....	9
3. Модульна контрольна.....	11
4. Розрахунково-графічна робота.....	11
5. Методичні вказівки.....	11
6. Рейтингова система оцінювання результатів навчання.....	13
Навчально-методичні матеріали.....	13
Додаток А.....	15
Додаток Б.....	19
Додаток В.....	23

## ВСТУП

Кредитний модуль “Розрахунок і конструювання типового устаткування – 1. Тонкостінні посудини та апарати” розглядає питання методики розрахунку і проектування типових конструкцій обладнання на міцність, стійкість в умовах виробництва, монтажу обладнання, в робочих умовах, забезпечення корозійної стійкості і зносостійкості, створення належних умов експлуатації та інших вимог до спеціального фармацевтичного та мікробіологічного обладнання.

Кредитний модуль є невід’ємною частиною учбового процесу підготовки бакалавра за спеціальністю – Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв.

Кредитний модуль є логічним продовженням курсу “Деталі машин”, тісно пов’язана з дисциплінами “Гідравліка”, ”Процеси та апарати біотехнологічних виробництв”, ”Технологія машинобудування”, “Опір матеріалів”. Орієнтує студентів на сучасний рівень проектування та експлуатації обладнання.

Кредитний модуль викладається в 5 семестрі за рахунок годин передбачених для неї учбовим планом а також годин, що встановлюються Радою факультету.

Метою кредитного модуля є формування у студента здатностей:

–виконувати конструкційні розрахунки елементів обладнання, використовуючи сучасні методики розрахунку, програмні та технічні засоби;

–користуватися комп’ютерними технологіями для виконання технічної документації (проектної, конструкторської, тощо);

–приймати участь у роботах з доведення та освоєння технологічних процесів в ході підготовки виробництва нової продукції, перевіряти міцність, стійкість, жорсткість конструкцій в умовах монтажу та робочих умовах, налагодження при випробуваннях та здача в експлуатацію нових зразків виробів, вузлів та деталей продукції що випускається.

Основі завдання кредитного модуля:

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

– конструювання фармацевтичного та мікробіологічного обладнання;

– монтажу основних видів фармацевтичного та мікробіологічного обладнання;

– знання матеріалів і їх фізичних характеристик;

– загальних питань експлуатації;

– експлуатації основних видів фармацевтичного та мікробіологічного обладнання;

уміння:

– проводити розрахунок на міцність елементів типового фармацевтичного та мікробіологічного обладнання;

– проводити розрахунок на стійкість елементів типового фармацевтичного та мікробіологічного обладнання;

– проводити розрахунок елементів типового фармацевтичного та мікробіологічного обладнання під спільною дією різних видів навантаження;

– проводити розрахунок на жорсткість та вібростійкість елементів типового фармацевтичного та мікробіологічного обладнання;

- проводити проектні конструкторські розрахунки типового фармацевтичного та мікробіологічного обладнання;
- складати заявки на обладнання та запасні частини, підготовлювати проектно-технічну документацію на виробництво фармацевтичного та мікробіологічного обладнання.

досвід:

- користування комп'ютерними технологіями для розроблення креслень основних апаратів, що використовуються в фармацевтичній та біотехнологічній промисловості, а також їх вузлів;
- складання проектно-технічної документації.

## **1. ТЕМАТИКА ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ**

### **Лекція 1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ РКТУ.**

Терміни та визначення. Загальні вимоги до конструкцій. Вимоги до транспортування. СРС. Підготовчі роботи перед монтажем. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

### **Лекція 2. КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ.**

Вимоги до конструкційних матеріалів. Вплив властивостей робочого середовища на вибір матеріалу.. Класифікація сталей. СРС. Матеріали для виготовлення кріпильних засобів. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

### **Лекції 3. ВПЛИВ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ НА ВИБІР МАТЕРІАЛУ.**

Вплив температури та тиску на вибір матеріалу. Допустимі напруження. Коефіцієнт міцності зварного шва. Матеріали для виготовлення сталевих зварних посудин та апаратів. СРС. Добавки до розрахункових величин конструктивних елементів. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

#### Лекція 4. КОНСТРУЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНКИ НА СТАТИЧНУ МІЦНІСТЬ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ АПАРАТІВ.

Загальні положення. Вимоги до конструювання. Умови застосування розрахункових формул. СРС. Розрахунок гладких циліндричних обичайок, що працюють під спільною дією навантажень кількох видів. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

Лекція 5. МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА № 1. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

#### Лекція 6-7. ОБИЧАЙКИ ЦИЛІНДРИЧНІ.

Розрахунок гладких циліндричних обичайок, навантажених внутрішнім надлишковим тиском. Розрахунок гладких циліндричних обичайок, навантажених зовнішнім тиском. СРС. Розрахунок гладких циліндричних обичайок, що працюють під спільною дією навантажень кількох видів. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

Лекція 8-9. ОБИЧАЙКИ ЦИЛІНДРИЧНІ З КІЛЬЦЯМИ ЖОРСТКОСТІ.

Розрахунок циліндричних обичайок з кільцями жорсткості, що працюють під зовнішнім тиском (вакуумом). Розрахунок циліндричних обичайок з кільцями жорсткості, що працюють під внутрішнім надлишковим тиском. СРС. Розрахунок циліндричних обичайок з кільцями жорсткості, що працюють під спільною дією навантажень кількох видів. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6].

#### Лекція 10-11. ДНИЩА І ПЕРЕХОДИ.

Загальні положення. Еліптичні та напівсферичні днища. Сферичні невідбортовані днища. Конічні днища та переходи. СРС. Плоскі днища та кришки. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6].

#### Лекція 12-13. ЗМІЦНЕННЯ ОТВОРІВ.

Теоретичні основи зміцнення отворів. Типові конструкції зміцнення отворів. Визначення розрахункового діаметра поодинокого отвору, що не вимагає зміцнення. Визначення основних розрахункових величин. Умови застосування розрахункових формул. СРС. Зміцнення поодиноких отворів. Зміцнення взаємовпливаючих отворів. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6].

#### Лекція 14. КОНСТРУКЦІЇ ФЛАНЦЕВИХ З'ЄДНАНЬ.

Конструкції фланцевих з'єднань посудин та апаратів. Конструкції з'єднань з перехідними фланцями. Конструкції з'єднань з арматурними фланцями.

Підготовка обладнання до ремонту. Ремонт теплообмінних та колонних апаратів, ємнісного обладнання, апаратів з перемішуючим пристроєм. СРС. Конструкції заглушок. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6].

#### Лекція 15. КОНСТРУКЦІЇ ТА МАТЕРІАЛИ ПРОКЛАДОК ФЛАНЦЕВИХ З'ЄДНАНЬ.

Загальні вимоги. Типи прокладок для фланцевих з'єднань. Конструкції прокладок для фланцевих з'єднань посудин та апаратів. СРС. Конструкції прокладок для арматурних фланцевих з'єднань. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6].

#### Лекція 16-17. РОЗРАХУНОК ФЛАНЦЕВИХ З'ЄДНАНЬ.

Напружений стан деталей фланцевого з'єднання. Допустимі напруження. Розрахунок допоміжних величин. Визначення коефіцієнта жорсткості фланцевого з'єднання. Розрахунок навантажень. Розрахунок болтів. Розрахунок фланців на міцність. Перевірка фланцевого з'єднання на жорсткість. СРС. Розрахунок фланців на малоциклову втомленість. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6].

#### Лекція 18. МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА № 2.

Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6].

## 2. ПРИБЛИЗНА ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Основні завдання циклу практичних занять полягають в набутті студентами практичних навичок розробки та розрахунку вузлів, деталей та обладнання фармацевтичної і біотехнологічної промисловості на міцність та стійкість враховуючи його особливості будови та експлуатації.

Практичне заняття 1. РОЗРАХУНКОВИЙ, УМОВНИЙ, ПРОБНИЙ ТИСК; РОЗРАХУНКОВА ТЕМПЕРАТУРА; ДОПУСТИМЕ НАПРУЖЕННЯ, ПРИБАВКА ДО РОЗРАХУНКОВОЇ ТОВЩИНИ; КОЕФІЦІЄНТ МІЦНОСТІ ЗВАРНОГО ШВА. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5]. СРС. Підготовчі роботи перед монтажем. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

Практичне заняття 2. РОЗРАХУНОК ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБИЧАЙКИ ТОНКОСТІННОГО АПАРАТА, НАВАНТАЖЕНОГО ВНУТРІШНІМ ТИСКОМ. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5]. СРС. Розрахунок коефіцієнтів міцності зварного шва. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

Практичне заняття 3. ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНІХ ЗУСИЛЬ В СТІНЦІ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБИЧАЙКИ. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5]. СРС. Розрахунок внутрішніх зусиль в товстостінній циліндричній обичайці. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

Практичне заняття 4. ЕЛІПТИЧНЕ ДНИЩЕ. ВИЗНАЧЕННЯ РАДІУСІВ КРИВИЗНИ; РОЗРАХУНОК ТОВЩИНИ, ДОПУСТИМОГО ТИСКУ ВНУТРІШНІХ ЗУСИЛЬ ТА НАПРУЖЕНЬ. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6]. СРС. Вибір коефіцієнтів міцності зварного шва. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

Практичне заняття 5. РОЗРАХУНОК ГЛАДКОЇ КОНІЧНОЇ ОБИЧАЙКИ НАВАНТАЖЕНОЇ ВНУТРІШНІМ НАДЛИШКОВИМ

ТИСКОМ. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ГЛАДКОЇ КОНІЧНОЇ ОБИЧАЙКИ ТА ЇЇ РОЗГОРТКИ. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6]. СРС. Вибір допустимого напруження матеріалу в залежності від температури. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

Практичне заняття 6. ПЛОСКІ ДНИЩА. ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ, ДОПУСТИМОГО ТИСКУ, ПОРІВНЯННЯ З ОПУКЛИМИ ДНИЩАМИ. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6]. СРС. Розрахунок напружень в стінці плоского днища. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

Практичне заняття 7. РОЗРАХУНОК ГЛАДКОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБИЧАЙКИ НАВАНТАЖЕНОЇ ЗОВНІШНІМ ТИСКОМ. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6]. СРС. Визначення внутрішніх зусиль в стінці циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім тиском. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

Практичне заняття 8. РОЗРАХУНОК ГЛАДКОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБИЧАЙКИ, НАВАНТАЖЕНОЇ ЗОВНІШНІМ НАДЛИШКОВИМ ТИСКОМ, ОСЬОВОЮ, ПОПЕРЕЧНОЮ СИЛАМИ ТА ЗГИНАЮЧИМ МОМЕНТОМ. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6]. СРС. Визначення допустимих напружень матеріалу апарата, який перебуває в складному напруженому стані, в залежності від температурних режимів. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

Практичне заняття 9. РОЗРАХУНОК ЕЛІПТИЧНОЇ КРИШКИ, НАВАНТАЖЕНОЇ ЗОВНІШНІМ ТИСКОМ. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6].

Практичне заняття 10. РОЗРАХУНОК ГЛАДКОЇ КОНІЧНОЇ ОБИЧАЙКИ, НАВАНТАЖЕНОЇ ЗОВНІШНІМ ТИСКОМ. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.5, 2.6]. СРС. Вибір коефіцієнтів міцності зварного шва конічних обичайки. Література [1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5].

### **3. МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА**

Програмою передбачене виконання модульної контрольної роботи у V семестрі. Модульна контрольна робота виконується за темами 1-4 та 5-10. Мета модульної контрольної роботи – виявити знання конструкцій типового обладнання та вміння проводити розрахунок і проектування обладнання фармацевтичних та мікробіологічних виробництв. Завдання до МКР в V семестрі наводяться в Додатку А.

### **4. РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА**

Програмою передбачене виконання розрахунково-графічної роботи. Метою виконання студентами розрахунково-графічної роботи є систематизація, закріплення та розширення теоретичних знань і практичних умінь студента; надбання досвіду роботи з літературою та іншими джерелами інформації, вміння узагальнювати та аналізувати наукову інформацію; вироблення вміння застосовувати інформаційні та комп'ютерні технології для проведення розрахунків. Завдання до РГР в V семестрі наводяться в Додатку Б.

### **5. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

З метою підвищення якості засвоєння матеріалу та наочності розкриття окремих тем лекцій при викладенні дисципліни використовується роздатковий графічний матеріал (розрахункові, функціональні та структурні схеми, схеми алгоритмів, характеристики та діаграми тощо). Використання рейтингової оцінки рівня підготовки студентів з дисципліни дає можливість підвищити мотивацію студентів до

систематичної самостійної роботи протягом семестру, а викладачу – більш об'єктивно оцінити рівень його підготовки.

Для сучасної інженерної механіки дисципліна "Розрахунок і конструювання типового устаткування" є основою для виконання інженерних розрахунків, експериментальних досліджень, проектних робіт, керування біотехнологічними і виробничими процесами і широко використовується при вивченні фундаментальних та спеціальних дисциплін у рамках підготування бакалавра.

Мета і завдання курсу:

- знайомство з елементами типового обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв;
- вивчення основ інженерного розрахунку конструкцій типового обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв;
- одержання студентом умінь і навичок проектування та конструювання типового обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв, і оформлення технічної документації на сучасному рівні.

Перші практичні заняття, кількість яких визначається рівнем підготування конкретної групи, що навчаються, передбачають роботу в аудиторії для засвоєння основних прийомів та алгоритмів проведення конструкційних розрахунків обладнання. В подальшому частина практичних завдань опановується студентом самостійно, під час виконання домашніх завдань та розрахунково-графічної роботи.

На основі вивчення та оволодінням курсу у студентів формуються знання та навички проведення розрахунків на міцність, стійкість, вібростійкість елементів основного типового обладнання фармацевтичної та біотехнологічної промисловості. В подальшому студент може використовувати отримані знання для вирішення різноманітних задач

механіки та біотехніки та виконувати складні інженерні розрахунки з оформленням конструкторської документації на сучасному рівні.

## **6. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ**

Рейтингова система оцінювання наведена у Додатку В.

### **НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ**

#### **Основна література**

1. ГОСТ 14249-89\*. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. – Введ. 1990-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1989.

2. Барвін, О.І. Конструювання і розрахунок сталевих зварних посудин та апаратів. Обичайки та днища. Навч. Посібник / О.І. Барвін, І.М. Генкіна, В.В. Іванченко, Г.В. Тараненко, Ю.М. Штонда. – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту імені Володимира Даля, 2005. – 310 с.

3. Расчет и конструирование химических производств. Примеры и задачи: Учебное пособие / М.Ф. Михалев, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В.Злобин, под общ. ред. Михалева М.Ф. – Л.: Машиностроение, 1984. –301с.

4. Соколов, В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств: Учебник / В.И. Соколов – М.: Машиностроение, 1983. – 447с.

5. Лазинский, А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник / А.А. Лазинский – Л.: Машиностроение, 1981. – 382 с.

6. Лазинский, А.А. Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник / А.А. Лазинский, А.Р. Толчинский – М.: Машиностроение, 1970 – 670с.

7. Лизин, В.Т. Проектирование тонкостенных конструкций / В.Т. Лизин, В.А. Пяткин – М.: Машиностроение, 1976 – 408с.

8. ГОСТ 6533-78\*. Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры. – Введ. 1980-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 37с.

9. ГОСТ 13372-78\*. Сосуды и аппараты. Ряд номинальных объемов. – Введ. 1980-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 3 с.

### **Додаткова література**

1. ГОСТ 9617-76\*. Сосуды и аппараты. Ряды диаметров. – Введ. 1978-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1976. - 3 с.

2. ГОСТ 9493-80\*. Сосуды и аппараты. Ряд условных (номинальных) давлений. – Введ. 1982-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1998. – 3 с.

3. ГОСТ 12620-78\*. Днища конические неотбортованные с углами при вершине 60, 90 и 120°. Основные размеры. – Введ. 1979-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 11 с.

4. ГОСТ 12619-78\*. Днища конические отбортованные с углами при вершине 60 и 90°. Основные размеры. – Введ. 1979-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 22 с.

5. ГОСТ 12621-78\*. Днища конические неотбортованные с углом при вершине 140°. Основные размеры. – Введ. 1979-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 3 с.

6. ГОСТ 12622-78\*. Днища плоские отбортованные. Основные размеры. – Введ. 1979-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 4 с.

7. ГОСТ 12623-78\*. Днища плоские неотбортованные. Основные размеры. – Введ. 1979-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 4 с.

## Запитання до МКР

*Завдання № 1*

Використовуючи правила визначення розрахункового тиску, визначити величину розрахункового тиску  $P_R$  (МПа) в тонкостінній посудині, якщо робочий тиск становить  $P=0,2$  МПа, висота шару рідини  $H=2$ м, густина рідини  $\rho=1000$  кг/м<sup>3</sup>, тиск при якому спрацьовує запобіжний клапан становить 0,23 МПа.

*Завдання № 2*

Використовуючи правила визначення розрахункового тиску, визначити величину розрахункового тиску  $P_R$  (МПа) в тонкостінній посудині, якщо робочий тиск становить  $P=0,2$  МПа, висота шару рідини  $H=2$ м, густина рідини  $\rho=1000$  кг/м<sup>3</sup>, тиск при якому спрацьовує запобіжний клапан становить 0,21 МПа.

*Завдання № 3*

Використовуючи правила визначення розрахункового тиску, визначити величину розрахункового тиску  $P_R$  (МПа) в тонкостінній посудині, якщо робочий тиск становить  $P=0,4$  МПа, висота шару рідини  $H=2$ м, густина рідини  $\rho=1000$  кг/м<sup>3</sup>, тиск  $P_k$  при якому спрацьовує запобіжний клапан становить 0,23 МПа.

*Завдання № 4*

Використовуючи правила визначення розрахункового тиску, визначити величину розрахункового тиску  $P_R$  (МПа) в тонкостінній посудині, якщо робочий тиск становить  $P=0,4$  МПа, висота шару рідини  $H=2$ м, густина рідини  $\rho=1000$  кг/м<sup>3</sup>, тиск при якому спрацьовує запобіжний клапан становить 0,46 МПа.

*Завдання № 5*

Обґрунтувати вибір формули для розрахункової товщини  $S_R$ (м), стінки напівсферичного днища тонкостінної посудини, навантаженого внутрішнім тиском та визначити розрахункову товщину, якщо розрахунковий тиск становить  $P=0,9$  МПа, внутрішній діаметр  $D=1,6$  м, допустиме напруження матеріалу  $[\sigma]=160$  МПа, коефіцієнт міцності зварного шва  $\varphi=0,9$ .

### **Завдання № 6**

Обґрунтувати вибір формули для розрахункової товщини  $S_R$ (м) стінки циліндричної обичайки тонкостінної посудини, навантаженої внутрішнім тиском та визначити товщину  $S_R$ , якщо розрахунковий тиск становить  $P=0,9$  МПа, внутрішній діаметр  $D=1,6$  м, допустиме напруження матеріалу  $[\sigma]=160$  МПа, коефіцієнт міцності зварного шва  $\varphi=0,9$ .

### **Завдання № 7**

Обґрунтувати вибір формули для розрахункової товщини  $S_R$ (м) стінки еліптичного стандартного днища тонкостінної посудини, навантаженого внутрішнім тиском та визначити розрахункову товщину  $S_R$ (м), якщо розрахунковий тиск становить  $P=0,9$  МПа, внутрішній діаметр  $D=1,6$  м, допустиме напруження матеріалу  $[\sigma]=160$  МПа, коефіцієнт міцності зварного шва  $\varphi=0,9$ .

### **Завдання № 8**

Обґрунтувати вибір формули для розрахункової товщини стінки гладкого конічного днища тонкостінної посудини, навантаженого внутрішнім тиском та визначити товщину  $S_R$ (м), якщо розрахунковий тиск становить  $P=0,9$  МПа, розрахунковий діаметр  $D_k=1,6$  м, кут при вершині конуса  $2\alpha=90^\circ$ , допустиме напруження матеріалу  $[\sigma]=160$  МПа, коефіцієнт міцності зварного шва  $\varphi=0,9$ .

### **Завдання № 9**

Використовуючи правила визначення товщини стінки, розрахувати товщину  $S$  (м) стінки циліндричної обичайки тонкостінної посудини, навантаженої внутрішнім робочим тиском  $P=0,9$  МПа, якщо її діаметр становить  $D=1,6$  м, допустиме напруження матеріалу  $[\sigma]=160$  МПа, коефіцієнт міцності зварного шва  $\varphi=0,9$ , проникненість  $\Pi=0,05$ мм/рік, термін служби апарату  $T=10$ років.

### **Завдання № 10**

Використовуючи правила визначення товщини стінки, розрахувати товщину  $S$  (м) стінки напівсферичного днища тонкостінної судини, навантаженої внутрішнім робочим тиском  $P=0,9$  МПа, якщо його діаметр становить  $D=1,6$  м, допустиме напруження матеріалу  $[\sigma]=160$  МПа, коефіцієнт міцності зварного шва  $\varphi=0,9$ , проникненість  $\Pi=0,05$ мм/рік, термін служби апарату  $T=10$ років.

### **Завдання № 11**

Використовуючи правила визначення товщини стінки, розрахувати товщину  $S$  (м) стінки еліптичного стандартного днища тонкостінної судини, навантаженої внутрішнім тиском  $P=0,9$  МПа, якщо його діаметр становить  $D=1,6$  м, допустиме напруження матеріалу  $[\sigma]=160$  МПа, коефіцієнт міцності зварного шва  $\phi=0,9$ , проникненість  $\Pi=0,05$  мм/рік, термін служби апарату  $T=10$  років.

### **Завдання № 12**

Використовуючи правила визначення товщини стінки, розрахувати товщину  $S$  (м) стінки гладкого конічного днища тонкостінної судини, навантаженої внутрішнім тиском  $P=0,9$  МПа, якщо його розрахунковий діаметр становить  $D_k=1,6$  м, кут при вершині конуса  $2\alpha=90^\circ$ , допустиме напруження матеріалу  $[\sigma]=160$  МПа, коефіцієнт міцності зварного шва  $\phi=0,9$ , проникненість  $\Pi=0,05$  мм/рік, термін служби апарату  $T=10$  років.

### **Завдання № 13**

Розрахувати кільцеве напруження  $\sigma_t$  (МПа) в стінці циліндричної обичайки тонкостінної посудини, навантаженої внутрішнім тиском  $P=0,9$  МПа якщо її радіус  $R=0,8$  м, а товщина стінки  $s=0,008$  м. Прибавку до розрахункової товщини не враховувати.

### **Завдання № 14**

Розрахувати кільцеве напруження  $\sigma_t$  (МПа) в стінці напівсферичного днища тонкостінної посудини, навантаженої внутрішнім тиском  $P=0,9$  МПа, якщо його діаметр  $D=1,6$  м, а товщина стінки  $s=0,004$  м. Прибавку до розрахункової товщини не враховувати.

### **Завдання № 15**

Розрахувати кільцеве напруження  $\sigma_t$  (МПа) в стінці еліптичного днища тонкостінної посудини, навантаженої внутрішнім тиском  $P=0,9$  МПа, якщо його діаметр  $D=1,6$  м, а товщина стінки  $s=0,008$  м. Прибавку до розрахункової товщини не враховувати.

### **Завдання № 16**

Розрахувати кільцеве напруження  $\sigma_t$  (МПа) в стінці гладкої конічної обичайки тонкостінної посудини, навантаженої внутрішнім тиском  $P=0,9$  МПа, якщо радіус поперечного перерізу обичайки становить  $R=0,8$  м, кут при вершині конуса  $2\alpha=90^\circ$ , а товщина стінки  $s=0,008$  м. Прибавку до розрахункової товщини не враховувати.

### ***Завдання № 17***

Визначити допустимий внутрішній тиск  $[P]$  (МПа) для циліндричної обичайки тонкостінної посудини, якщо її діаметр становить  $D=1,6$  м, коефіцієнт міцності зварного шва  $\varphi=0,9$ , товщина стінки  $s=0,008$  м, прибавка до розрахункової товщини  $c=0,0013$  м, допустиме напруження матеріалу  $[\sigma]=160$  МПа.

### ***Завдання № 18***

Визначити допустимий внутрішній тиск  $[P]$  (МПа) для напівсферичного днища тонкостінної посудини, якщо її діаметр становить  $D=1,6$  м, коефіцієнт міцності зварного шва  $\varphi=0,9$ , товщина стінки  $s=0,008$  м, прибавка до розрахункової товщини  $c=0,0013$  м, допустиме напруження матеріалу  $[\sigma]=160$  МПа.

### ***Завдання № 19***

Визначити допустимий внутрішній тиск  $[P]$  (МПа) для еліптичного днища тонкостінної посудини, якщо його внутрішній діаметр становить  $D=1,6$  м, товщина стінки  $s=0,008$  м, прибавка до розрахункової товщини  $c=0,0013$  м, коефіцієнт міцності зварного шва  $\varphi=0,9$ , допустиме напруження матеріалу  $[\sigma]=160$  МПа.

### ***Завдання № 20***

Визначити допустимий внутрішній тиск  $[P]$  (МПа) для гладкого конічного днища тонкостінної посудини, якщо його внутрішній діаметр становить  $D_k=1,6$  м, кут при вершині конуса  $2\alpha=90^\circ$ , товщина стінки  $s=0,008$  м, прибавка до розрахункової товщини  $c=0,0013$  м, коефіцієнт міцності зварного шва  $\varphi=0,9$ , допустиме напруження матеріалу  $[\sigma]=160$  МПа.

## ЗАВДАННЯ РГР

## Завдання №1

Розрахувати елемент обладнання за номером варіанту на дію внутрішнього надлишкового тиску та зовнішнього надлишкового тиску, осьової стискаючої сили, вигинаючого моменту та поперечної сили. Порівнявши результати розрахунків, зробіти висновки.

Вихідні дані.

№ варіанта	Елемент обладнання*	P, МПа	D, мм	L, мм	Матеріал	$\rho_{\text{ср}}, \text{кг/м}^3$	t, °C	2 $\alpha$	Вигинаючий момент, МН/м	Осьова стиск. сила, МН	Поперечна сила, МН
1	ЕД	1,2	1000	1500	Ст3пс	1100	60	-	-	-	-
2	КНД	0,6	1200	2000	Ст3сп	1150	70	60	-	-	-
3	ЦО	0,5	2400	3500	Сталь 10	1200	80	-	0,2	-	-
4	ЦО	0,3	2200	2700	Сталь 20	1250	90	-	-	0,2	-
5	ЕД	0,4	1800	2800	Сталь 20К	1300	110	-	-	-	-
6	КВД	0,3	2000	3000	Сталь 09Г2С	1350	120	90	-	-	-
7	ЦО	0,2	2400	3000	Сталь 16ГС	1400	130	-	-	-	0,1
8	ЦО	0,4	2800	3500	Ст3Гпс	1450	140	-	0,15	-	-
9	КНД	0,7	2000	2000	Ст3пс	1100	130	120	-	-	-
10	ЕД	1	1400	2000	Ст3сп	1150	120	-	-	-	-
11	ЕД	0,9	1200	2200	Сталь 10	1200	110	-	-	-	-
12	ЦО	0,8	1600	2500	Сталь 20	1250	90	-	-	0,15	-
13	КВД	0,7	1800	2800	Сталь 20К	1300	80	60	-	-	-
14	ЕД	0,35	1200	2000	Сталь 09Г2С	1350	70	-	-	-	-
15	ЦО	0,49	2800	3500	Сталь 16ГС	1400	60	-	-	-	0,05
16	ЦО	0,52	2400	3600	Ст3Гпс	1450	120	-	0,1	-	-

\*ЕД – еліптичне днище (кришка);

КВД – конічне відбортоване днище;

КНД – конічне невідбортоване днище;

ЦО – циліндрична обичайка.

*Розрахунково-графічна робота має бути оформлена на листах формату А4 друкованим шрифтом TimesNewRoman, 14 кегль, 1,5 міжстрочний інтервал.*

*РГР має включати: завдання на РГР, вихідні дані, розрахункову схему, розрахунок, висновки. У висновках має бути відображено основні положення розрахунку, а також порівняльний аналіз даних, отриманих при розрахунку оболонки під дією внутрішнього та зовнішнього тиску.*

## Завдання №2

Розрахувати укріплення отвору у елементі обладнання, розрахованому у завданні №1 при дії внутрішнього надлишкового тиску. До отвору приварений проходячий штуцер без укріплення. За необхідністю розрахувати укріплення отвору накладним кільцем, прийнявши ширину укріплюючого кільця такою, як розрахункова ширина, округлена до стандартного значення. Тип шва приварки штуцера - тавровий с двустороннім сплюсним проваром, ручний, 100% довжини швів контролюється.

Для еліптичного днища (кришки) прийняти:  $x=0,35D$

Для конічного днища прийняти:  $h=0,3H_k$

Для циліндричної обичайки прийняти:  $h=0,2L$ ,  $a=0,4L$ .

Порівнявши результати розрахунків з розрахунками даного елемента обладнання, не послабленого отворами, зробити висновки.

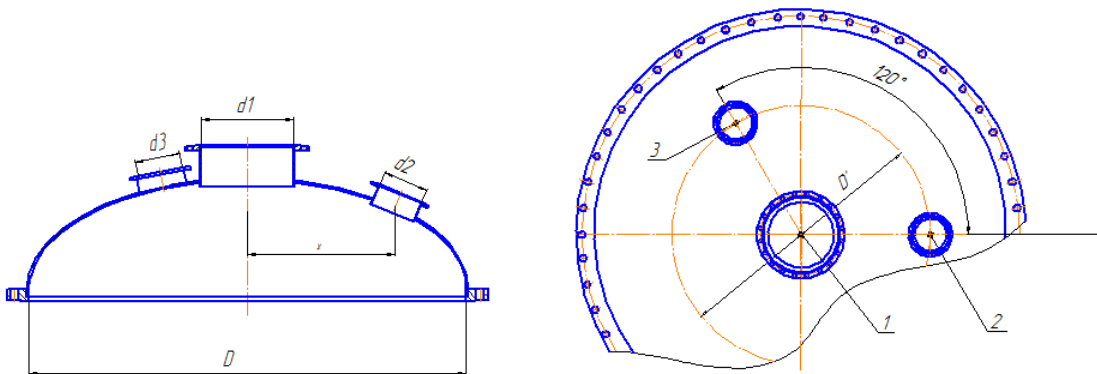


Рис. 1. Розрахункова схема еліптичної кришки

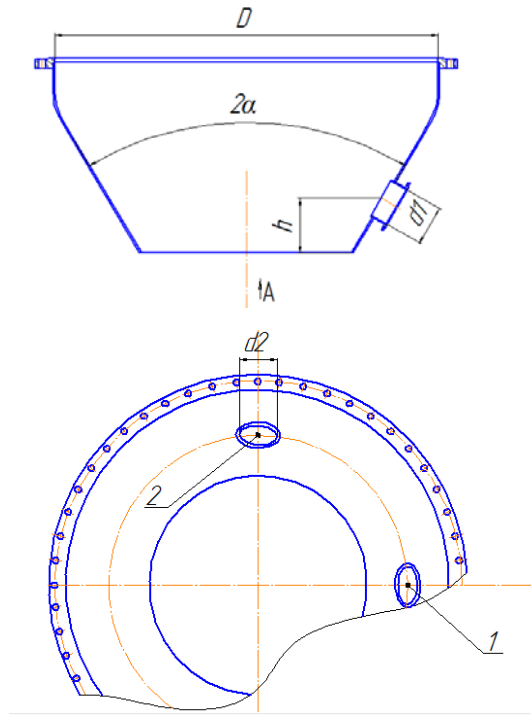


Рис. 2. Розрахункова схема конічного днища

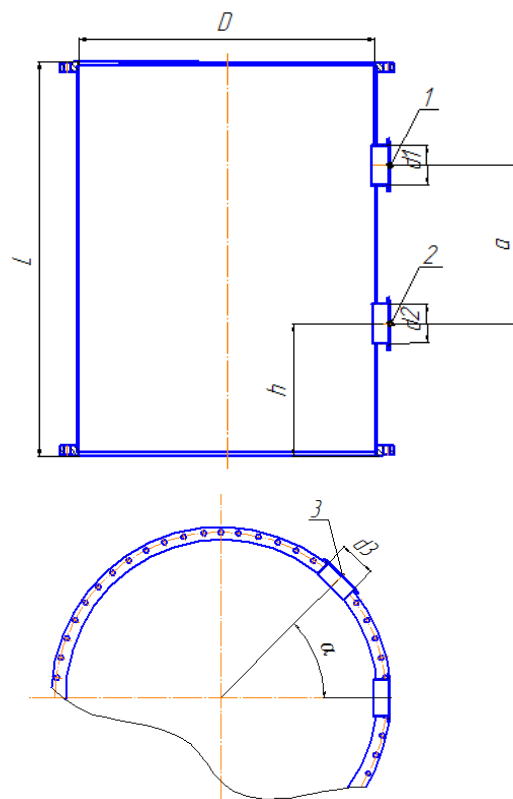


Рис. 3. Розрахункова схема циліндричної обичайки

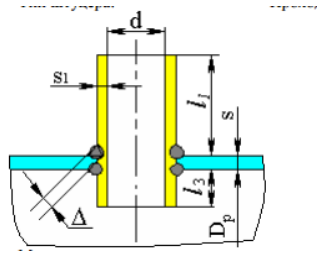


Рис. 4. Розрахункова схема штуцера

**Вихідні дані.**

№ варіанта	Елемент обладнання*	Р, МПа	D, мм	L, мм	Внутрішній діаметр штуцера, м			Номер штуцера, укріплення якого необхідно розрахувати	Довжина штуцера, мм		2α	α
					$d_1$	$d_2$	$d_3$		Зовнішня $l_1, мм$	Внутрішня $l_3, мм$		
1	ЕД	1,2	1000	1500	0,2	0,125	0,125	2	100	30	-	
2	КНД	0,6	1200	2000	0,125		-	1	120	40	60	
3	ЦО	0,5	2400	3500	0,1	0,1	0,2	3	110	30	-	45
4	ЦО	0,3	2200	2700	0,15	0,15	0,25	3	120	40	-	60
5	ЕД	0,4	1800	2800	0,25	0,1	0,1	1	130	50	-	
6	КВД	0,3	2000	3000	0,2	0,1	-	1	140	60	90	
7	ЦО	0,2	2400	3000	0,2	0,15	0,2	3	150	50	-	90
8	ЦО	0,4	2800	3500	0,25	0,1	0,2	1	140	60	-	120
9	КНД	0,7	2000	2000	0,15	0,1	-	1	130	30	120	
10	ЕД	1	1400	2000	0,35	0,2	0,1	2	120	40	-	
11	ЕД	0,9	1200	2200	0,25	0,1	0,1	3	140	50	-	
12	ЦО	0,8	1600	2500	0,3	0,1	0,2	1	150	40	-	45
13	КВД	0,7	1800	2800	0,3	0,125	-	1	160	30	60	
14	ЕД	0,35	1200	2000	0,25	0,125	0,1	2	150	40	-	
15	ЦО	0,49	2800	3500	0,35	0,2	0,1	1	170	50	-	60
16	ЦО	0,52	2400	3600	0,2	0,1	0,15	1	200	60	-	90

\*ЕД – еліптичне днище;

КВД – конічне відбортоване днище;

КНД – конічне невідбортоване днище;

ЦО – циліндрична обичайка.

**Завдання №3.** Для розрахованого елемента вибрати стандартний фланець.

Розробити креслення елемента зі специфікацією до нього. На кресленні вказати зварку. Вважати штуцер складальною одиницею.

**ПОЛОЖЕННЯ****про рейтингову систему оцінки успішності студентів**з кредитного модуля «Розрахунок і конструювання типового устаткування - 1»

(код та назва)

для спеціальності 6.050503 – «Машинобудування»

(шифр та назва)

факультету біотехнології і біотехніки

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з кредитного модуля згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Начальний час		Розподіл навчальних годин			Контрольні заходи		
	Кредити	Акад. год.	Лекції і	Практ.	СРС	МКР	РГР	Семестрова атестація
5	3	90	36	18	36	1	1	Диф.залік

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

- 1) написання 10-ти експрес-тестів по змісту попередніх лекцій – 40;
- 2) виконання 10 практичних робіт – 40;
- 3) виконання 1 модульної контрольної роботи (тривалістю 1 акад. годин) – 5;
- 4) виконання 2 модульної контрольної роботи (тривалістю 1 акад. годин) – 5;
- 4) виконання розрахунково-графічної контрольної роботи – 10.

**Система рейтингових балів****1. Експрес-тест:**

– «відмінно», правильно написаний тест (не менше 90 % правильних відповідей) – 4-3,6 балів;

– «добре», достатньо повно написаний тест (не менше 75% правильних відповідей) – 3,5-3,0 балів;

– «задовільно», задовільно написаний тест (не менше 60% правильних відповідей) – 2,9-2,4 балів;

– «незадовільно», незадовільно написаний тест (менше 60% правильних відповідей) – 0 балів.

## **2. Виконання практичних робіт:**

– «відмінно», вчасне правильне виконання практичної роботи – 5-4,5 балів;

– «добре», вчасне виконання практичної роботи з неточностями – 4,45-3,75 балів;

– «задовільно», невчасне виконання практичної роботи – 3,7-3 балів;

– «незадовільно», невиконання практичної роботи – 0 балів.

За кожний тиждень запізнення зі здачею практичної роботи від встановленого терміну оцінка знижується на один бал.

## **3. Модульний контроль:**

– «відмінно», повне виконання завдань контрольної роботи (не менше 90% потрібної інформації) – 5,0-4,5 балів;

– «добре», достатньо повне виконання завдань контрольної роботи (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 4,4-3,8 балів;

– «задовільно», неповне виконання завдань контрольної роботи (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 3,7-3,0 бали;

– «незадовільно», невиконання завдань контрольної роботи (не відповідає вимогам на 3,0 балів) – 0 балів.

## **4. Розрахунково-графічна робота :**

– «відмінно», повністю розкриті питання РГР (не менше 90 % потрібної інформації) – 10-9 балів;

– «добре», достатньо розкриті питання РГР (не менше 75% потрібної інформації) – 8,9-7,5 балів;

– «задовільно», задовільне розкриття питань РГР (не менше 65% потрібної інформації) – 7,4-6 балів;

– «незадовільно», питання не розкриті, РГР не зараховано – 0 балів.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 48-балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 24 бала.

За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 100-балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 50.

Максимальний рейтинг студента складає:

$$RD=4\times 10+4\times 10+10+10=100 \text{ балів.}$$

Максимальна сума балів складає 100. До диф. заліку допускаються студенти, які виконали всі види робіт, передбачених навчальним планом. Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, а також зараховану РГР (більше 6 балів).

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому до балів за РГР ( $r_{DKP}$ ) додаються бали за контрольну роботу. Завдання контрольної роботи складається з чотирьох завдань різних розділів робочої програми з переліку, що наданий у методичних рекомендацій до засвоєння кредитного модуля.

Кожне завдання контрольної роботи ( $r_1, r_2, r_3, r_4$ ) оцінюється у 22,25 бали відповідно до системи оцінювання:

– «відмінно», повна відповідь на питання контрольної роботи (не менше 90% потрібної інформації) – 22,25-20 балів;

– «добре», достатньо повна відповідь на питання контрольної роботи (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 19,9-16,7 балів;

– «задовільно», неповна відповідь на питання контрольної роботи (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 16,6-13,4 балів;

– «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 13,4 балів) – 0 балів.

Максимальна кількість балів складається з балів за 4 питання залікової контрольної роботи і балів за РГР:

$$R = r_{ДКР} + r_1 + r_2 + r_3 + r_4 = 8 + 4 \times 22,25 = 100 \text{ балів.}$$

Сума балів за кожне з чотирьох питань та РГР переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

Бали $R = r_{ДКР} + r_1 + r_2 + r_3 + r_4$	ECTS оцінка	Екзаменаційна оцінка
95-100	A	відмінно
85-94	B	добре
75-84	C	добре
65-74	D	задовільно
60-64	E	задовільно
Менше 60	Fx	Незадовільно
Не зараховано ДКР	F	Не допущено

У разі отримання кінцевої оцінки на основі залікової контрольної роботи  $40 \leq R_Z < 60$ , студент не отримує залік, але допускається до другої та третьої перездачі заліку (залікової роботи). Студенти, які набрали  $R_Z < 40$  не отримують залік і відправляються на повторний курс.

