



## НАЗВА КУРСУ

### Розрахунок і конструювання типового обладнання-3. Розрахунок і конструювання елементів спеціального обладнання

#### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Освітня програма	ОНП Галузеве машинобудування
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)/очна(вечірня)/заочна/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4,5 (135)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	<a href="https://rozklad.kpi.ua/">https://rozklad.kpi.ua/</a> <a href="https://ecampus.kpi.ua/">https://ecampus.kpi.ua/</a> 6 годин на тиждень (2 години лекційних, 4 години практичних занять)
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н, доц. Андреев І. А. Практичні / Семінарські: к.т.н, доц. Андреев І. А. che@kpi.ua
Розміщення курсу	<a href="https://ecampus.kpi.ua/">https://ecampus.kpi.ua/</a> , <a href="http://ci.kpi.ua">http://ci.kpi.ua</a>

#### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

##### Опис навчальної дисципліни.

В курсі розглядаються основи конструювання товстостінних посудин, їх застосування, теоретичні відомості основ інженерних розрахунків, сучасні стандартні розрахункові формули, нормативні методики розрахунку на міцність.

Дисципліна «Розрахунок і конструювання типового обладнання-3. Розрахунок і конструювання елементів спеціального обладнання» розглядає вимоги до конструювання і розрахунку обладнання та окремих елементів, їх застосування.

##### Предмет навчальної дисципліни.

Дисципліна "Розрахунок і конструювання типового обладнання-3. Розрахунок і конструювання елементів спеціального обладнання" викладається як основний компонент підготовки кваліфікованих фахівців у галузі машинобудування, ресурсозбереження, екології та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Оволодіння методами конструювання і розрахунку передбачає не просто засвоєння певних правил, а саме розвиток своєрідного стилю мислення, орієнтованого на створення сучасної техніки в галузі хімічного і нафтопереробного машинобудування

### **Мета навчальної дисципліни.**

Метою вивчення даної дисципліни є формування у студентів комплексу знань, умінь, навичок, необхідних для кваліфікованого конструювання і виконання розрахунків типового устаткування хімічної промисловості. Відповідно до мети підготовка бакалаврів вимагає формування наступних здатностей:

- використання та застосовування в професійній діяльності нормативних методів розрахунку посудин та апаратів хімічних виробництв,
- використання знання проектування і конструювання типового обладнання,
- володіння методикою визначення навантажень, які виникають при монтажі, випробуваннях і в робочих умовах,
- одержання інформації щодо поточного стану елементів обладнання при експлуатації,
- удосконалення обладнання хімічних виробництв,
- використання методики розрахунку напружень і деформацій, які виникають при роботі типового обладнання.

### **2.2. Основні завдання кредитного модуля.**

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

#### **знання:**

- основні конструкції машин та апаратів, типових вузлів і деталей та вимог до них;
- матеріали, які застосовуються в хімічному машинобудуванні і їх властивості;
- розрахункові параметри і правила їх визначення;
- умови міцності, жорсткості, стійкості, вібростійкості, герметичності;
- розрахункові моделі оболонок, пластин, стержнів;
- визначення напружень, аналізу напруженого стану, допустимих та граничних навантажень;
- нормативні методи розрахунку посудин та апаратів;
- розробка конструктивно довершеного виробу.

#### **уміння:**

- на основі особливостей технологічного процесу визначати для конструкції початкові і граничні умови та схему навантажень,
- на основі робочих умов визначати напружено-деформований стан конструкції при статичних та динамічних термосилових навантаженнях,
- базуючись на знаннях теоретичної підготовки, користуючись довідниками та нормативами вибирати конструкційні матеріали та матеріали ущільнень,
- користуючись довідковими матеріалами, виконувати розрахунки щодо міцності типового устаткування,
- проводити параметричні розрахунки типового обладнання за допомогою відомих аналітичних залежностей та довідкової інформації,
- враховувати необхідність зборки, розборки, транспортування та монтажу виробу,
- на підставі отриманих знань виконувати розрахунки на жорсткість, стійкість, міцність та розробляти конструкторську документацію,
- створювати безпечні в експлуатації конструкції.

#### **досвід:**

- розробки конструкції посудини або апарата;
- забезпечення міцності, стійкості, жорсткості, герметичності, корозійної тривкості, конструктивної довершеності та інших вимог до елементів хімічного обладнання.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Освоєння дисципліни «Розрахунок і конструювання типового обладнання-3. Розрахунок і конструювання елементів спеціального обладнання» базується на засадах інтеграції комплексу

знань, отриманих студентами протягом бакалаврської освіти при вивченні дисциплін природничого та інженерно-технічного спрямування в галузі «Механічна інженерія». Для успішного засвоєння даної дисципліни необхідно мати основні знання в області вищої математики, фізики, опору матеріалів, гідравліки, процесів та обладнання хімічних виробництв, вміти використовувати комп'ютер для забезпечення необхідних розрахунків, мати навички в сфері прикладного програмування, математичного моделювання процесів та систем.

В результаті освоєння дисципліни студент буде готовий використовувати фундаментальні і природно наукові знання і методи для вирішення комплексних науково-технічних задач у галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

**Тема 1.** Товстостінні посудини та апарати. галузі використання. Конструкції товстостінних посудин.

**Тема 2.** Напруження в циліндричній монолітній стінці при пружній деформації матеріалу. Аналіз напруженого стану. Розрахунок стінки за методом допустимих напружень та його недоліки.

**Тема 3.** Розрахунок товщини товстостінної обичайки.

**Тема 4.** Розрахунок затворів апаратів високого тиску.

**Тема 5.** Розрахунок фланців апаратів високого тиску.

**Тема 6.** Розрахунок днищ і кришок апаратів високого тиску.

**Тема 7.** Укріплення отворів в товстостінних посудинах.

### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

#### ***Базова література***

1. Андреев И.А. Конструирование и расчет типового устаткования химических производств. Основные положения. Элементы тонкостенных сосудов, нагруженных внутренним давлением. Учеб. пособие. – К.: «Видавництво «Політехніка», 2011. – 272 с.
2. Андреев И.А., Микельсон И.О. Расчет, конструирование и надежность оборудования химических производств: Терминологический словарь. – К.: ИВЦ «Видавництво «Політехніка», 2002. – 216 с.
3. Андреев И.А., Зубрич О.Г., Микеленко И.О. Применение материалов в химическом машиностроении. Сталь и чугуны, – К.: ІЗМН, 1999. – 148 с.
4. Андреев И.А., Зубрич О.Г. Конструирование и расчет аппаратов высокого давления, – К.: ІЗМН, 1999. – 144 с.
5. Михалев М.Ф., Третьяков Н.П., Мильченко А.И., Злобин В.В. Расчет и конструирование химических производств. Примеры и задачи: Учебное пособие под ред. Михалева М.Ф. – Л.: Машиностроение, 1984. – 301с.
6. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств: Учебник – М.: Машиностроение. 1983. – 447с.
7. Лещинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1981. – 382 с.
8. Топтуненко Е.Т. Основы конструирования и расчета химических машин и аппаратов, часть 1. – Киев.: «Вища школа», 1969. –175 с.
9. Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском, –К.: Держнаглядохорона праці, 1998. – 273с.
10. Криворот А.С. Конструирование и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности. – М.: Машиностроение, 1976. – 376 с.
11. ГОСТ 34233.1–12–2017.
12. І. А. Андреев. Методичні вказівки до практичних занять для студентів спеціальності “Галузеве машинобудування” з дисципліни “Розрахунок і конструювання типового обладнання-2. Розрахунок і конструювання товстостінних посудин, теплообмінних та колонних апаратів”: [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. І. А. Андреев. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,989 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 99 с. – Назва з екрана. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19342>.

#### ***Додаткова література***

13. Кольман-Иванов Э.Э. и др. Конструирование и расчет машин химических производств: Учебник. М.: Машиностроение, 1985. – 406 с.
14. Канторович З.Б. Машины химической промышленности: Учебное пособие.- М.: Машиностроение. 1965. – 415 с.

## 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

### Лекційні заняття.

Лекційні заняття спрямовані на надання сучасних цілісних, знань з дисципліни «Розрахунок і конструювання типового обладнання-3. Розрахунок і конструювання елементів спеціального обладнання», визначення на сучасному рівні розвитку науки в області розрахунку і конструювання машин та апаратів; забезпечення в процесі лекції плідної роботи студентів; застосування дієвих методів викладання, подання матеріалу і його засвоєння; виховання у студентів професійних якостей і розвиток творчого мислення; формування у них наукового і практичного інтересу до освоєння матеріалу курсу, прагнення до самостійної роботи.

№ з/п	Назва теми лекції, перелік основних питань, посилання на літературу та завдання на СРС.	Годин
1	<b>Товстостінні посудини та апарати.</b> Товстостінні посудини та апарати, галузі їх використання. Конструкції товстостінних посудин. Література: [2–8, 10]	2
2	<b>Напруження, які виникають в стінці апарата високого тиску.</b> Напруження в циліндричній монолітній стінці при пружній деформації матеріалу. Аналіз напруженого стану. Розрахунок стінки за методом допустимих напружень та його недоліки. Література: [2–8, 10]	4
3	<b>Обичайка апарата високого тиску.</b> Розрахунок товщини товстостінної обичайки. Література: [2–8, 10]	2
4	<b>Затвори і фланці апаратів високого тиску.</b> Розрахунок затворів і фланців апаратів високого тиску. Література: [2–8, 10]	6
5	<b>Днища, кришки і отвори в апаратах високого тиску.</b> Розрахунок днищ і кришок апаратів високого тиску. Укріплення отворів в товстостінних посудинах. Література: [2–8, 10]	4
<b>Всього годин (з урахуванням індивідуальних занять)</b>		<b>18</b>

### Практичні заняття.

При вивченні кредитного модуля практичним заняттям відводиться 2/3 аудиторного навантаження. Практичне заняття по окремій темі даної дисципліни спрямовано на закріплення викладеного на лекції матеріалу шляхом розгляду конкретних прикладів, вправ та задач по даній темі. Це дає можливість студентам систематизувати і поглибити теоретичні знання. Практичне заняття проводиться в діалоговому режимі з проведення навчальних дискусій. На початку заняття проводиться контрольне опитування слухачів по матеріалам попередніх лекцій, знайомству їх з літературними джерелами по тематиці дисципліни.

№ з/п	Назва теми практичного заняття, перелік основних питань, посилання на літературу.	Годин
1	Визначення нормативних параметрів і допустимих напружень в апаратах високого тиску. Література [1 – 4, 11].	2

<b>2</b>	Розрахунок напружень в стінці при пластичній деформації та пружно-пластичній деформація матеріалу. Література [1 – 12].	<b>6</b>
<b>3</b>	Розрахунок товщини стінки апарата високого тиску Література [1 – 5, 12].	<b>4</b>
<b>4</b>	Затвори товстостінних посудин. Розрахунок зусиль, які виникають в затворах. Література [4 – 8, 10, 12].	<b>10</b>
<b>5</b>	Розрахунок фланців товстостінних посудин. Література [4 – 8, 10, 12].	<b>2</b>
<b>6</b>	Розрахунок плоских та опуклих кришок товстостінної посудини. Література [4 – 8, 10, 12].	<b>4</b>
<b>7</b>	Розрахунок днищ товстостінної посудини. Література [4 – 8, 10, 12].	<b>4</b>
<b>8</b>	Укріплення отворів в апаратах високого тиску. Література [4 – 8, 10, 12].	<b>4</b>
<b>Всього годин (з урахуванням індивідуальних занять)</b>		<b>36</b>

## 6. Самостійна робота студента

При викладенні навчальної дисципліни «Розрахунок і конструювання типового обладнання-3. Розрахунок і конструювання елементів спеціального обладнання» самостійна робота студента займає 44% відсотки часу вивчення кредитного модуля, враховуючи підготовку до екзамену. Самостійна робота студентів включає підготовку до аудиторних занять, виконання модульної контрольної роботи, розрахунково-графічної роботи та опрацювання розділів програми і тем, які не увійшли у перелік лекційних питань або потребують більш детального вивчення. Опанування знань по цим темам проводиться шляхом докладного ознайомлення з відповідними розділами рекомендованої базової та додаткової літератури та самостійного науково-інформаційного пошуку за власною ініціативою. Підготовка студента до наступних аудиторних занять передбачає освоєння їм в процесі самостійної роботи матеріалу попередніх лекцій.

№ з/п	Вид роботи та назви тем, що виносяться на самостійне опрацювання	Кількість годин
<b>1</b>	<b>Підготовка до аудиторних занять.</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>Виконання індивідуальних практичних завдань по темі модуля.</b>	<b>34</b>
<b>Опрацювання розділів програми і тем, які не викладаються на лекціях.</b>		
<b>3</b>	Основні конструкції товстостінних посудин. Основні конструкції рулонованих товстостінних посудин. Аналіз напруженого стану. Аналіз напруженого стану, обумовленого різницею температур. Конструкції кришок та днищ товстостінних посудин. Конструкції затворів товстостінних посудин. Класифікація товстостінних посудин. Пропозиції щодо шляхів зменшення напружень в корпусі. Вплив температурних напружень на величину сумарних напружень в корпусі. Навести конструкції кришок та днищ товстостінної посудини. Конструкції затворів. Навести конструкції фланців апаратів високого тиску. Література [1 – 14].	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Підготовка до екзамену</b>	<b>20</b>
<b>Всього годин</b>		<b>81</b>

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

### **Правила відвідування лекцій та практичних занять;**

Відвідування лекційних та практичних занять є обов'язковою складовою вивчення матеріалу. На лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом. Студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

### **Політика дедлайнів, перекладань та правила заохочування;**

Пропущені заняття необхідно відпрацювати. Студент самостійно підготовлює конспект пропущеної лекції або практичного заняття, відповідає на контрольні запитання викладачу по матеріалам теми пропущеного заняття. Індивідуальні практичні завдання слід виконувати акуратно і в точно визначений термін. Виконання цих вимог забезпечує підвищення рейтингової оцінки результатів освоєння навчальної дисципліни.

### **Політика щодо академічної доброчесності;**

Політика навчальної дисципліни будується з урахуванням норм законодавства України щодо академічної доброчесності, Кодексу честі НТТУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського та визначається системою вимог, які викладач пред'являє до студента при вивченні дисципліни (правила поведінки на заняттях, пропуски, перездачі тощо).

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

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

Навчальний час		Розподіл навчальних годин (з урахуванням індивідуальних занять)				Контрольні заходи		
Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	РГР	Семестровий контроль
4,5	135	18	36	—	81	1	—	екзамен

Контроль знань студентів проводиться за допомогою співбесіди під час практичних занять, результатів виконання індивідуальних практичних завдань, а на екзамені – за допомогою білетів.

Під час оцінювання враховується таке:

1. Відвідування лекцій та практичних занять, плідність роботи під час аудиторних занять.
2. Вчасне і акуратне виконання контрольних практичних завдань для самостійної роботи.
3. Вивчення базової та допоміжної літератури.

1. Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за роботу на практичних заняттях, за виконання контрольної модульної роботи по темі модуля та за результатами семестрового контролю – екзамену.

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Робота на практичних заняттях:

- плідна робота – 3 бали;
- невчасно виконане завдання – 1 бал;
- пасивна робота або відсутність на занятті – 0 балів.

Максимальна кількість балів за роботу під час практичних занять – 51.

2.3. Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

- «відмінно» – 8–9 балів;
- «добре» – 5–7 балів;
- «задовільно» – 3–4 бали;
- «незадовільно» – 0 балів.

За 18 тижнів навчання за результатами навчальної роботи і виконання контрольної модульної та розрахунково-графічної робіт максимальна кількість балів, яку може набрати студент, складає 60 балів.

### 2.3. Складання екзаменаційних іспитів

На екзамені студенти отримують екзаменаційний білет. Кожний білет містить чотири питання (два з яких більш складні).

Кожне складне питання оцінюється у 12 балів, а простіше – 8 балів.

Система оцінювання складних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 11-12 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 9-10 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 7-8 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Система оцінювання простіших питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 7-8 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 5-6 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 3-4 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Максимальна кількість балів, яку може одержати студент в результаті успішного складання екзамену дорівнює 40 балам.

Згідно рейтингової шкали (R), максимальна сума балів дорівнює 100.

Необхідною умовою допуску до екзамену є рейтинг, що складає не менше 30 % від рейтингової шкали (R), тобто 30 балів.

Розподіл рейтингових балів, які отримують аспіранти після вивчення кредитного модуля та складання іспитів.

<b>Змістовий модуль</b>	<b>Сума балів</b>
Практичні заняття	51
Контрольна модульна робота	9
<b>Семестровий контроль</b>	
Екзамен	40
<b>Разом:</b>	<b>100</b>

Порядок зарахування пропущених лекцій та практичних (лабораторних) занять: студент самостійно підготовлює конспект пропущеної лекції та/або практичного (лабораторного) заняття, відповідає на контрольні запитання викладачу.

Сума рейтингових балів, отриманих студентом після освоєння дисципліни та складання екзамену, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею:

<b>Кількість балів</b>	<b>Оцінка</b>
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
< 60	незадовільно
Не виконані умови допуску	не допущено



## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

### Попередній перелік питань, що виносяться на семестровий контроль.

1. Проаналізувати і навести приклади застосування товстостінних посудин. Навести конструкції циліндричних товстостінних посудин.
2. Навести конструкції монолітних і багат шарових товстостінних посудин.
3. Навести нормативні параметри і допустимі напруження для апаратів високого тиску.
4. Проаналізувати напруження у суцільній товстостінній обичайці, що виникають від дії внутрішнього тиску.
5. Надати алгоритм розрахунку на міцність циліндричних товстостінних одношарових обичайок.
6. Надати алгоритм розрахунку температурних напружень в товстостінній циліндричній обичайці.
7. Надати алгоритм розрахунку плоских днищ апаратів високого тиску.
8. Надати алгоритм розрахунку випуклих днищ апаратів високого тиску.
9. Дати оцінку затворам апаратів високого тиску.
10. Проаналізувати конструкцію, умови використання і розрахунок затворів з плоскою металевою прокладкою.
11. Проаналізувати конструкцію, умови використання і розрахунок затворів з двоконусним кільцем.
12. Проаналізувати конструкцію, умови використання і розрахунок затворів з кільцем трикутного перерізу.
13. Проаналізувати конструкцію, умови використання і розрахунок затворів з трапецієподільною прокладкою.
14. Проаналізувати конструкцію, умови використання і розрахунок затворів з клиновим ущільненням.
15. Проаналізувати конструкцію, умови використання і розрахунок затворів і фланців з лінзовим ущільненням.
16. Обґрунтувати розрахунок шпильок апаратів високого тиску на міцність.
17. Обґрунтувати конструктивний розрахунок фланців апаратів високого тиску.
18. Обґрунтувати перевірний розрахунок фланців апаратів високого тиску.
19. Обґрунтувати розрахунок укріплення отворів в апаратах високого тиску.
20. Надати алгоритм розрахунку кришок апаратів високого тиску.

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент кафедри МАХНВ, к.т.н. Андрєєв Ігор Анатолійович

Ухвалено кафедрою машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв (протокол № 20 від 21.06.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією інженерно-хімічного факультету (протокол № 10 від 24.06.2022 р.)