



НАЗВА КУРСУ

Розрахунки і конструювання обладнання. Частина 1. Розрахунок та конструювання основних елементів посудин та апаратів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G11 Машинобудування
Спеціалізація	G11.03 Технологічні машини та обладнання
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)/очна(вечірня)/заочна/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	5,5 (165)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua/ https://ecampus.kpi.ua/ 4,8 години на тиждень (2,4 години лекційних та 2,4 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	https://ecampus.kpi.ua/ , http://ci.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

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

Опис навчальної дисципліни.

В курсі розглядаються основи конструювання вузлів і окремих елементів посудин та апаратів, їх застосування, теоретичні відомості основ інженерних розрахунків, сучасні стандартні розрахункові формули, нормативні методики розрахунку на міцність, жорсткість і стійкість.

Дисципліна «Розрахунки і конструювання обладнання. Частина 1. Розрахунок та конструювання основних елементів посудин та апаратів» розглядає вимоги до конструювання і виготовлення обладнання та окремих елементів, класифікацію сталей та інших конструктивних матеріалів, їх застосування, методики визначення допустимих напружень і нормативних параметрів, основи безмоментної і моментної теорій розрахунку, розрахунки на міцність тонкостінних циліндричних обичайок, випуклих, плоских і конічних днищ і кришок, вузлів з'єднання конічних обичайок, які знаходяться під дією внутрішнього або зовнішнього тиску, конструювання та розрахунок роз'ємних міцно-щільних з'єднань.

Предмет навчальної дисципліни.

Дисципліна " Розрахунки і конструювання обладнання. Частина 1. Розрахунок та конструювання основних елементів посудин та апаратів" 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 «Розрахунки і конструювання обладнання. Частина 1. Розрахунок та конструювання основних елементів посудин та апаратів» 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

Розділ 1 Вимоги до машин та апаратів.

Тема 1 Мета і завдання курсу. Зміст курсу. Основні вимоги до машин і апаратів, конструювання і проектування.

Тема 2. Розрахунковий тиск, температура, допустимі напруження.

Тема 3. Міцність, жорсткість стійкість деталей, герметичність з'єднань, довговічність та транспортабельність конструкції.

Тема 4. Розрахункові моделі. Напружений стан. Порядок визначення напружень. Критерії міцності.

Розділ 2. Розрахунок та конструювання тонкостінних посудин.

Тема 5. Тонкостінні та товстостінні посудини. Тонкостінні осесиметричні оболонки під внутрішнім тиском. Основні поняття моментної та безмоментної теорії оболонок. Умови рівноваги елемента та зони оболонок.

Тема 6. Тонкостінні циліндричні обичайки. Вимоги до конструкції. Внутрішні зусилля та напруження в циліндричній оболонці. Розрахунок циліндричної обичайки.

Тема 7. Опуклі днища. Еліптичні днища. Вимоги до конструкції, Галузі застосування. Геометрія еліптичної оболонки. Визначення зусиль та напружень в еліптичній тонкостінній оболонці. Розрахунок еліптичних днищ. Конструкції та застосування напівсферичних та торосферичних днищ. Вимоги до конструкцій. Розрахунок на міцність при дії внутрішнього тиску.

Тема 8. Конічні обичайки, днища та переходи. Застосування, вимоги до конструкції. Розгортки конічних днищ. Розрахунок гладкої конічної обичайки.

Тема 9. Плоскі днища та кришки. Застосування, вимоги до конструкцій. Розрахункова модель плоских днищ. Внутрішні зусилля та напруження в плоскій круглій пластині. Розрахунок днищ та кришок на міцність.

Тема 10. Особливості роботи обичайок під зовнішнім тиском. Втрата стійкості. Критичний тиск. Розрахунок гладкої циліндричної обичайки, навантаженої зовнішнім тиском.

Тема 11. Обичайки з кільцями жорсткості, навантажені внутрішнім або зовнішнім тиском.

Тема 12. Розрахунок циліндричної обичайки в крайовій зоні. Визначення крайових навантажень. Розрахунок міцності обичайки в крайовій зоні.

Тема 13. Обичайки, навантажені осьовою силою. Втрата місцевої та загальної стійкості при навантаженні осьовою стискаючою силою. Циліндричні обичайки, навантажені вигинаючим моментом та поперечною силою.

Тема 14. Розрахунок обичайки при сумісний дії зовнішнього тиску, осьової сили, згинаючого моменту та поперечної сили.

Тема 15. Вплив отворів на міцність обичайок. Взаємний вплив отворів. Отвори, які не потребують укріплення. Методи укріплення отворів. Розрахунок геометричних розмірів деталей укріплення отворів.

Розділ 3. Роз'ємні міцно-щільні з'єднання.

Тема 16. Роз'ємні міцно-щільні з'єднання. Класифікація, основні конструкції та застосування. Конструкції вузлів ущільнення.

Тема 17. Манжетні ущільнення.

Тема 18. Сальникові ущільнення. Визначення зусилля затягування шпильок, яке забезпечує щільність сальникового ущільнення.

Тема 19. Щілинні і лабіринтні з'єднання.

Тема 20. Фланцеві з'єднання. Класифікація.

Тема 21. Конструкції фланців.

Тема 22. З'єднувальні деталі фланців.

Тема 23. Розрахунок на міцність і герметичність фланцевих з'єднань.

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., Микulyонок И.О. Расчет, конструирование и надежность оборудования химических производств: Терминологический словарь. – К.: ИВЦ «Видавництво «Політехніка», 2002. – 216 с.
3. Андреев И.А., Зубрий О.Г., Микulyонок И.О. Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі і чавуни, - К.: ІЗМН, 1999. – 148 с.
4. Андреев И.А., Зубрий О.Г. Конструирование та расчет аппаратов высокого давления, - К.: ІЗМН, 1999. – 144 с.
5. Посудины та аппараты стальные сварные. Общие технические условия: СОУ МПП 71.120-217:2009. – [Прийнято та надано чинності: наказ Мінпромполітики від 07.07.2009, №459]. – К.: Міністерство промислової політики України, 2009. – 339 с. – (стандарт Міністерства промислової політики України).
6. ГОСТ 34233.1–12–2017 (міждержавні стандарти).
7. Андреев И.А. Методические указания до практических занятий для студентов специальности «Галузеве машинобудування» (Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв) з дисципліни «Розрахунок і конструювання типового обладнання–1.
8. Расчет и конструирование тонкостенных сосудов, опор та строповых устройств»: [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. І. А. Андреев. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,66 Кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 105 с. – Назва з екрана. – Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19172>.
9. І. А. Андреев. Роз'ємні міцно-щільні з'єднання [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньо-професійної програми «Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв» / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,36Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 138 с. – Назва з екрана. – Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/35927>.
10. І. А. Андреев. Конструирование и расчет элементов тонкостенных сосудов та аппаратов, які знаходяться під зовнішніми навантаженнями [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізацій «Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв» і «Інжиніринг, обладнання та технології целюлозно-паперового виробництва»: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,86 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 121 с. Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/23885>.
11. І. А. Андреев. Укріплення отворів в сосудах та аппаратах [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньо-професійної програми

«Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 72 с. Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42254>.

12. Ігор Андреев. Розрахунок та конструювання основних елементів посудин та апаратів: Розрахунково-графічна робота: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 97 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48718>.

13. Андреев І. А. Конструювання і розрахунок основних елементів посудин та апаратів: підруч. для здобувачів ступеня бакалавра за спец. 133 Галузеве машинобудування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 428 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65136>.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття.

Лекційні заняття спрямовані на надання сучасних цілісних, знань з дисципліни «Розрахунки і конструювання обладнання. Частина 1. Розрахунок та конструювання основних елементів посудин та апаратів», 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	Мета і зміст курсу. Мета і завдання курсу. Зміст курсу. Основні вимоги до машин і апаратів, конструювання і проектування. Література: [1, 2, 5, 13]	2
2	Нормативні параметри і допустимі напруження. Розрахунковий тиск, температура, допустимі напруження. Література: [1–4, 6, 13]	2
3	Основні характеристики деталей, з'єднань і виробів. Міцність, жорсткість стійкість деталей, герметичність з'єднань, довговічність та транспортабельність конструкції. Література: [1–6, 10, 12, 13]	2
4	Напруження і міцність. Розрахункові моделі. Напружений стан. Порядок визначення напружень. Критерії міцності. Література: [1–4, 7, 13]	2
5	Основи розрахунку тонкостінних оболонок. Тонкостінні та товстостінні посудини. Тонкостінні осесиметричні оболонки під внутрішнім тиском. Основні поняття моментної та безмоментної теорій оболонок. Умови рівноваги елемента та зони оболонок. Література: [1–3, 5, 6, 13]	2
6	Тонкостінні циліндричні обичайки. Тонкостінні циліндричні обичайки. Вимоги до конструкції. Внутрішні зусилля та напруження в циліндричній оболонці. Розрахунок циліндричної обичайки. Література: [1, 5, 6, 13]	2
7	Тонкостінні кришки і днища. Опуклі днища. Еліптичні днища. Вимоги до конструкції, Галузі застосування. Геометрія еліптичної оболонки. Визначення зусиль та напружень в еліптичній тонкостінній оболонці. Розрахунок еліптичних днищ.	2

	Конструкції та застосування напівсферичних та торосферичних днищ. Вимоги до конструкцій. Розрахунок на міцність при дії внутрішнього тиску. Література: [1, 5, 6, 13]	
8	Конічні днища. Конічні обичайки, днища та переходи. Застосування, вимоги до конструкцій. Розгортки конічних днищ. Розрахунок гладкої конічної обичайки. Література: [1, 5, 6, 13]	2
9	Плоскі днища та кришки. Плоскі днища та кришки. Застосування, вимоги до конструкцій. Розрахункова модель плоских днищ. Внутрішні зусилля та напруження в плоскій круглій пластині. Розрахунок днищ та кришок на міцність. Література: [5, 6, 9, 10, 12, 13]	2
10	Навантаження обичайок зовнішнім тиском. Особливості роботи обичайок під зовнішнім тиском. Втрата стійкості. Критичний тиск. Розрахунок гладкої циліндричної обичайки, навантаженої зовнішнім тиском. Література: [6, 9, 10, 12, 13]	2
11	Укріплення обичайок кільцями жорсткості. Обичайки з кільцями жорсткості, навантажені внутрішнім або зовнішнім тиском. Література: [1, 5, 6, 9, 10, 12, 13]	2
12	Крайові навантаження. Розрахунок циліндричної обичайки в крайовій зоні. Визначення крайових навантажень. Розрахунок міцності обичайки в крайовій зоні. Література: [1, 6, 13]	2
13	Навантаження обичайок силами і моментами. Обичайки, навантажені осьовою силою. Втрата місцевої та загальної стійкості при навантаженні осьовою стискаючою силою. Циліндричні обичайки, навантажені згинаючим моментом та поперечною силою. Література: [1, 5–8, 10, 11, 13]	2
14	Розрахунок обичайок під дією сумісних навантажень Розрахунок обичайки при сумісній дії зовнішнього тиску, осьової сили, згинаючого моменту та поперечної сили. Література: [1, 6, 9, 13]	2
15	Укріплення отворів. Вплив отворів на міцність обичайок. Взаємний вплив отворів. Отвори, які не потребують укріплення. Методи укріплення отворів. Розрахунок геометричних розмірів деталей укріплення отворів. Література: [1, 5, 6, 10, 13]	2
16	Роз'ємні міцно-щільні з'єднання. Роз'ємні міцно-щільні з'єднання. Класифікація, основні конструкції та застосування. Конструкції вузлів ущільнення. Манжетні ущільнення. Сальникові ущільнення. Визначення зусилля затягування шпильок, яке забезпечує щільність сальникового ущільнення. Щілинні і лабіринтні з'єднання. Література: [6, 8, 13]	2
17	Класифікація і конструкції фланцевих з'єднань. Фланцеві з'єднання. Класифікація. Конструкції фланців. З'єднувальні деталі фланців. Література: [6, 8, 13]	2
18	Розрахунок фланцевих з'єднань. Розрахунок на міцність і герметичність фланцевих з'єднань.	2

	Література: [6, 8, 13]	
	Всього годин	36

Практичні заняття.

При вивченні кредитного модуля практичним заняттям відводиться 0,5 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	<i>Вимоги до машин та апаратів</i> Матеріали та їх властивості. Розрахунковий, умовний, пробний тиск; розрахункова температура; допустиме напруження, прибавка до розрахункової товщини; коефіцієнт міцності зварного шва. Теплофізичні властивості середовищ та їх визначення. Література [1 – 4, 7, 13].	2
2	<i>Розрахунок та конструювання тонкостінних посудин</i> Розрахунок циліндричної обичайки, яка знаходиться під дією внутрішнього тиску. Література [1 – 7, 13].	2
3	<i>Випуклі днища і кришки</i> Розрахунок днищ і кришок, які знаходяться під дією внутрішнього тиску. Література [1 – 7, 13].	4
4	<i>Конічні днища</i> Розрахунок конічних днищ, які знаходяться під дією внутрішнього тиску. Література [1 – 7, 13].	2
5	<i>Плоскі днища і кришки</i> Розрахунок плоских днищ і кришок на міцність. Література [1 – 7, 9, 13].	2
6	<i>Циліндричні обичайки під зовнішнім тиском</i> Розрахунок циліндричної обичайки, яка знаходиться під дією зовнішнього тиску. Література [1 – 7, 9, 13].	2
7	<i>Циліндричні обичайки під спільною дією зовнішнього тиску і осової стискуючої сили</i> Розрахунок циліндричної обичайки, яка знаходиться під спільною дією зовнішнього тиску і осової стискуючої сили. Література [1 – 7, 9, 13].	2
8	<i>Конічне днище під зовнішнім тиском</i> Розрахунок конічного днища, яке навантажене зовнішнім тиском. Література [1 – 7, 9, 13].	2
9	<i>Еліптичне і півсферичне днища під зовнішнім тиском</i> Розрахунок еліптичного і півсферичного днищ, які навантажені зовнішнім тиском. Література [1 – 7, 9, 13].	2
10	<i>Крайові навантаження</i> Розрахунок крайових навантажень: крайового моменту та крайової сили.	2

	Література [2, 3, 13].	
11	Крайові напруження Розрахунок міцності обичайки на краю. Література [2, 3, 13].	2
12	Укріплення отворів Укріплення отворів. Необхідність укріплення, взаємний вплив отворів. Напруження біля отвору. Література [2, 3, 7, 10, 13].	2
13	Розрахунок укріплення отворів Розрахунок геометричних розмірів деталей укріплення одиночного отвору. Література [2, 3, 7, 10, 13].	2
14	Конструювання та розрахунок роз'ємних міцно-щільних з'єднань. Фланцеві з'єднання. Вибір типу фланців, визначення геометричних розмірів. Література [2, 3, 5, 7, 8, 13].	2
15	Розрахунок фланцевого з'єднання Розрахунок зусиль в болтах з'єднання. Розрахунок болтів. Розрахунок фланців на міцність та герметичність. Перевірка міцності прокладки. Алгоритм розрахунку на ЕОМ Література [2, 3, 5, 7, 8, 13].	4
16	Сальникове ущільнення. Сальникове ущільнення. Конструктивний розрахунок. Визначення сили затяжки болтів та потужності на подолання сил тертя. Література [2, 3, 5, 7, 13].	2
Всього годин		36

6. Самостійна робота студента

При викладенні навчальної дисципліни «Розрахунки і конструювання обладнання-1. Розрахунок та конструювання основних елементів посудин та апаратів» самостійна робота студента займає 56% відсотків 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
1	Підготовка до аудиторних занять.	18
2	Виконання індивідуальних практичних завдань по темі модуля.	34
Опрацювання розділів програми і тем, які не викладаються на лекціях.		
3	Розділ 1. Вимоги до машин та апаратів. Матеріали, які використовуються в хімічному машинобудуванні. Порівняти величини розрахункового тиску при наявності гідростатичного тиску рідини і запобіжних клапанів. Література [1 – 8, 10, 12, 13].	3
4	Розділ 2. Розрахунок та конструювання тонкостінних посудин. Конструкції циліндричних обичайок. Вимоги до конструкцій днищ. Внутрішні зусилля та напруження в плоскій круглій пластині. Методи укріплення отворів. Основні конструкції роз'ємних міцно-щільних	10

	з'єднань. Проаналізувати вплив різних факторів на товщину стінки обичайки. Проаналізувати вплив конструкції днищ і кришок на їх товщину. Визначення згинаючих моментів та напружень в перерізах, порівняння з опуклими днищами. Порівняти значення допустимих тисків, які були визначені з умов міцності і стійкості в границях пружності. Проаналізувати розрахунок обичайки на стійкість при сумісній дії зовнішнього тиску, осової і поперечної сил, а також згинаючого моменту. Розглянути способи укріплення конічного днища. Порівняти металоємності еліптичного і півсферичного днищ, які навантажені однаковим зовнішнім тиском. Проаналізувати вплив форми оболонки на величину крайового моменту та крайової сили. Пропозиції щодо зменшення крайових навантажень. Способи укріплення отворів. Пропозиції щодо зменшення напружень понад отвором. Література [1 – 13].	
5	Розділ 3. Конструювання та розрахунок роз'ємних міцно-щільних з'єднань. Основні конструкції роз'ємних міцно-щільних з'єднань. Класифікація фланців. Пропозиції щодо шляхів підвищення герметичності фланцевого з'єднання. Конструктивне виконання сальникових ущільнень. Література [2, 3, 5, 7, 12, 13].	8
6	Підготовка до екзамену	20
Всього годин		93

Політика та контроль

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, перескладань 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				Контрольні заходи		
Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	РГР	Семестровий контроль
5,5	165	36	36	—	93	1	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 та розрахунково-графічної робіт по темі модуля та за результатами семестрового контролю – екзамену.

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Робота на практичних заняттях:

- плідна робота – 2 бали;
- пасивна робота або відсутність на занятті – 0 балів.

За активну роботу на практичних заняттях може бути нараховано до 5 заохочувальних балів.

Максимальна кількість балів за роботу під час практичних занять – 34.

2.2. Критерії оцінювання виконання розрахунково-графічної роботи

Повнота та своєчасність виконання завдання	Бали
Повне виконання, належне оформлення роботи, подання у визначений термін	16
Роботу виконано своєчасно, але є певні недоліки у виконанні роботи	12
Роботу виконано своєчасно, але із суттєвими недоліками	10
Роботу представлено пізніше визначеного терміну	13
Роботу виконано несвоєчасно з певними недоліками	9
Роботу виконано несвоєчасно із суттєвими недоліками	7
Роботу не виконано	0

Розрахунково-графічна робота повинна бути виконана до початку залікової сесії. За порушення дедлайну максимальна кількість балів зменшується на 20%.

2.3. Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

- «відмінно» – 9-10 балів;
- «добре» – 6-8 балів;
- «задовільно» – 3-5 балів;
- «незадовільно» – 0 балів.

Несвоєчасне складання модульного тесту зменшує кількість набраних балів вдвічі.

За 15 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 виконання завдань на практичних заняттях, контрольної модульної та розрахунково-графічної робіт і рейтинг, що складає не менше 30 % від рейтингової шкали (R), тобто 30 балів.

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

Змістовий модуль	Сума балів
Практичні заняття	34
Контрольна модульна робота	10
Розрахунково-графічна робота	16
Семестровий контроль	
Екзамен	40
Разом:	100

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

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

Кількість балів	Оцінка
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.

- Обґрунтувати визначення суми додатків С до розрахункової товщини.
- Класифікувати вимоги до машин і апаратів.

3. Класифікувати спеціальні вимоги до машин і апаратів, які забезпечують надійність при експлуатації (міцність, жорсткість, стійкість, герметичність, довговічність).
4. Дати визначення розрахунковій температурі.
5. Дати визначення робочому, розрахунковому, пробному і умовному тискам.
6. Дати визначення допустимому напруженню.
7. Проаналізувати стадії підготовки конструкторської документації.
8. Класифікувати сталі.
9. Проаналізувати вуглецеві сталі звичайної якості. Властивості, призначення і маркування.
10. Проаналізувати якісні вуглецеві сталі. Властивості, призначення і маркування.
11. Проаналізувати леговані сталі. Властивості, призначення і маркування.
12. Класифікувати чавуни. Властивості і використання.
13. Проаналізувати використання кольорових металів і неметалічних матеріалів у хімічному машинобудуванні.
14. Проаналізувати основні теорії міцності.
15. Пояснити відмінність тонкостінної оболонки від товстостінної при розрахунках на міцність.
16. Дати визначення оболонки, серединної поверхні, меридіанної площини, меридіану, паралелі, першого і другого головних радіусів.
17. Обґрунтувати виведення рівняння Лапласа.
18. Обґрунтувати вимоги до виготовлення тонкостінної циліндричної обичайки.
19. Визначити напруження у тонкостінній циліндричній обичайці, яка навантажена внутрішнім тиском.
20. Обґрунтувати виведення формули для розрахунку на міцність товщини стінки тонкостінної циліндричної обичайки, яка працює під внутрішнім тиском.
21. Навести конструкції сферичних днищ і кришок.
22. Знайти напруження у тонкостінному сферичному днищі, яке навантажене внутрішнім тиском.
23. Обґрунтувати виведення формули для розрахунку на міцність товщини тонкостінного сферичного днища, яке працює під внутрішнім тиском.
24. Класифікувати торосферичні днища і надати приклади їх використання.
25. Навести розрахунок на міцність товщини торосферичних тонкостінних днищ, які працюють під внутрішнім тиском.
26. Проаналізувати конструювання еліптичних днищ.
27. Навести алгоритм розрахунку товщини еліптичного днища, яке навантажене внутрішнім тиском.
28. Проаналізувати різновиди конічних днищ.
29. Обґрунтувати визначення напружень у тонкостінному конічному днищі, яке працює під внутрішнім тиском.
30. Обґрунтувати виведення формули для розрахунку на міцність товщини стінки тонкостінного конічного днища, яке працює під внутрішнім тиском.
31. Проаналізувати застосування плоских днищ.
32. Навести розрахункові схеми круглих пластин. Обґрунтувати формули для розрахунку товщини круглих пластин.
33. Навести алгоритм розрахунку на міцність товщини плоских круглих днищ і кришок, які знаходяться під дією тиску.
34. Проаналізувати конструювання плоских днищ і кришок.
35. Обґрунтувати розрахунок круглих кришок з додатковим крайовим моментом, які навантажені внутрішнім тиском.
36. Проаналізувати особливості розрахунку елементів апаратів, які навантажені стискуючими зусиллями.
37. Обґрунтувати отримання спрощеної формули Сазерленда виду
$$p_{кр} = \frac{2,59E}{yx^2\sqrt{x}}.$$
38. Обґрунтувати отримання формули Бресса.

39. Обґрунтувати отримання формули для розрахунку критичної довжини обичайки, яка навантажена зовнішнім тиском.
40. Надати алгоритм розрахунку товщини циліндричної обичайки, яка навантажена зовнішнім тиском.
41. Проаналізувати укріплення обичайок кільцями жорсткості.
42. Надати алгоритм розрахунку товщини циліндричної обичайки, яка навантажена осьовою силою, що розтягує.
43. Надати алгоритм розрахунку обичайок під спільною дією осьової сили, згинаючого моменту і поперечної сили на стійкість.
44. Надати алгоритм розрахунку товщини випуклих тонкостінних днищ, які навантажені зовнішнім тиском.
45. Надати алгоритм розрахунку на стійкість конічних тонкостінних днищ, які навантажені зовнішнім тиском.
46. Надати алгоритм розрахунку на стійкість конічного тонкостінного днища, яке навантажене осьовою силою, що розтягує.
47. Надати алгоритм розрахунку на стійкість конічного днища, яке навантажене осьовою стискуючою силою.
48. Надати поділ отворів в апаратах за призначенням. Обладнання отворів апаратів.
49. Проаналізувати концентрацію напружень понад отвором.
50. Проаналізувати способи укріплення отворів.
51. Надати алгоритм розрахунку на міцність укріплення отворів за геометричним методом.
52. Обґрунтувати отримання формули умови укріплення поодинокого отвору за рахунок стовщення стінок оболонки і штуцера, а також застосування накладного кільця.
53. Визначити розрахунковий діаметр поодинокого отвору, який не потребує додаткового укріплення.
54. Проаналізувати конструкцію і застосування опорних лап і опорних стояків.
55. Перевірити несучу спроможності обичайок від дії реакції опорних лап.
56. Навести алгоритм розрахунку товщини ребра жорсткості опорної лапи.
57. Проаналізувати конструкції і застосування опорних обичайок.
58. Класифікувати конструкції сідлових опор горизонтальних апаратів.
59. Причини виникнення крайових напружень.
60. Навести алгоритм розрахунку крайової сили і крайового моменту.
61. Навести розрахунок крайових напружень.
62. Класифікувати різні міцнощільні з'єднання.
63. Класифікувати фланцеві з'єднання.
64. Класифікувати конструкції фланців.
65. Проаналізувати з'єднувальні деталі фланців.
66. Дати оцінку прокладкам фланцевих з'єднань.
67. Надати алгоритм розрахунку сталевих фланцевих з'єднань.
68. Навести вимоги до сальникових ущільнень. Дати оцінку матеріалам сальникових набивок.
69. Обґрунтувати отримання формули для визначення зусилля затягування шпильок, яке забезпечує щільність сальникового ущільнення.
70. Навести розрахунок болтів фланцевого з'єднання на міцність.
71. Навести розрахунок прокладки фланцевого з'єднання на міцність.
72. Навести розрахунок фланцевого з'єднання на герметичність.

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 12.06.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією інженерно-хімічного факультету (протокол № 11 від 27.06.2025 р.)