



НАЗВА КУРСУ

Розрахунок і конструювання несучих елементів конструкцій

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	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)/очна(вечірня)/заочна/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр, гр. ЛН-81
Обсяг дисципліни	4 (120)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua/ https://ecampus.kpi.ua/ 3 години на тиждень (1 година лекційних, 2 години практичних занять)
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н, доц. Андреев І. А.</i> Практичні / Семінарські: <i>к.т.н, доц. Андреев І. А.</i> 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 опор та стропових пристроїв, їх застосування, теоретичні відомості основ інженерних розрахунків, сучасні стандартні розрахункові формули, нормативні методики розрахунку.

Дисципліна «Розрахунок і конструювання несучих елементів конструкцій» розглядає вимоги до конструювання і розрахунку обладнання та окремих елементів, їх застосування.

Предмет навчальної дисципліни.

Дисципліна "Розрахунок і конструювання несучих елементів конструкцій" викладається як вибірковий 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 несучих елементів конструкцій 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 несучих елементів конструкцій машин та апаратів та вимог до них;
- матеріали, які застосовуються в хімічному машинобудуванні і їх властивості;
- розрахункові параметри і правила їх визначення;
- умови міцності, жорсткості, стійкості несучих елементів конструкцій;
- розрахункові моделі оболонок, пластин, стержнів;
- визначення напружень, аналізу напруженого стану, допустимих та граничних навантажень;
- нормативні методи розрахунку несучих елементів 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,
- користуючись довідковими матеріалами, виконувати розрахунки щодо міцності несучих елементів типового устаткування,
- проводити 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 несучих елементів конструкцій хімічного обладнання.

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

Освоєння дисципліни «Розрахунок і конструювання несучих елементів конструкцій» 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

Конструювання та розрахунок опор і стропових пристроїв.

Тема 1. Опори посудин та апаратів. Основні конструкції.

Тема 2. Стропові пристрої посудин та апаратів.

Тема 3. Визначення товщини ребра жорсткості опори типу «лапа».

Тема 4. Розрахунок несучої спроможності обичайки в місці приварювання опорної лапи.

Тема 5. Перевірка несучої спроможності випуклого днища при застосуванні циліндричної опорної стійки.

Тема 6. Розрахунок опорної обичайки.

Тема 7. Перевірка несучої спроможності обичайки при застосуванні сідлових опор.

Тема 8. Перевірка несучої спроможності обичайки в місці приварки стропувального вушка.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Андреев І. А. Конструювання і розрахунок опорних вузлів посудин і апаратів хімічних виробництв: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 94 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45669>.

2. Андреев І. А. Конструювання і розрахунок типового устаткування хімічних виробництв. Основні положення. Елементи тонкостінних посудин, навантажених внутрішнім тиском: навч. посіб. Київ: "Видавництво «Політехніка»", 2011. 272 с

3. Андреев І. А., Мікульонок І. О. Розрахунок, конструювання і надійність обладнання хімічних виробництв: термінологічний словник. Київ: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2002. 216 с.

4. Андреев І. А., Зубрій О. Г., Мікульонок І. О. Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі й чавуни: навч. посіб. Київ: ІЗМН, 1999. 148 с.

5. Андреев І. А. Конструювання і розрахунок елементів тонкостінних посудин та апаратів, які знаходяться під зовнішніми навантаженнями: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 121 с. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/23885>.

6. Андреев І. А. Роз'ємні міцно-щільні з'єднання: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 138 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/35927>.

7. Андреев Ігор. Розрахунок колонних апаратів на міцність і стійкість: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 112 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38716>.

8. Андреев Ігор. Укріплення отворів в посудинах та апаратах: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 72 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42254>.

9. ГОСТ 34233.5-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. Расчёт обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок. (Межгосударственный стандарт). [Чинний від 2018-08-01]. Вид. офіц. М.: Стандартиформ, 2019. 33 с.

10. ГОСТ 34233.2-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность. Расчёт цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек. (Межгосударственный стандарт). [Чинний від 2018-08-01]. Вид. офіц. М.: Стандартиформ, 2018. 54 с.

11. Лашинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: справочник. Ленинград: Машиностроение, 1981. 382 с.

Додаткова література

12. 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.
13. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств: Учебник – М.: Машиностроение. 1983. – 447с.
14. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. – Л.: Машиностроение, 1981. – 382 с.
15. Топтуненко Е.Т. Основы конструирования и расчета химических машин и аппаратов, часть 1. – Киев.: “Вища школа”, 1969. –175 с.
16. Кольман-Иванов Э.Э. и др. Конструирование и расчет машин химических производств: Учебник. М.: Машиностроение, 1985. – 406 с.
17. 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 несучих елементів конструкцій», 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	Опори посудин та апаратів. Опори посудин та апаратів. Основні конструкції. Література: [1–17]	1
2	Стропові пристрої посудин та апаратів. Стропові пристрої посудин та апаратів. Основні конструкції. Література: [1–3, 9, 12]	1
3	Опора типу «лапа». Визначення товщини ребра жорсткості опори типу «лапа». Література: [1–3, 9, 12–17]	2
4	Перевірка несучої спроможності обичайки в місці приварювання опорної лапи. Розрахунок несучої спроможності обичайки в місці приварювання опорної лапи. Література: [1–3, 9]	4
5	Перевірка несучої спроможності днища в місці приварювання опорної стійки. Перевірка несучої спроможності випуклого днища при застосуванні циліндричної опорної стійки. Література: [1–3, 9]	2
6	Розрахунок опорної обичайки. Розрахунок опорної обичайки. Література: [1–3, 5, 7]	4
7	Перевірка несучої спроможності обичайки в місці встановлення сідлових опор. Перевірка несучої спроможності обичайки при застосуванні сідлових опор. Література: [[1–3, 9]	2
8	Перевірка несучої спроможності обичайки в місці приварювання стропувального вушка.	2

	Перевірка несучої спроможності обичайки в місці приварки стропувального вушка. Література: [1–3, 9]	
Всього годин (з урахуванням індивідуальних занять)		18

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	Конструювання та розрахунок опори типу «лапа». Визначення товщини ребра жорсткості опори типу «лапа». Література: [1–3, 9, 12–17]	4
2	Перевірка несучої спроможності обичайки в місці приварювання опорної лапи. Розрахунок несучої спроможності обичайки в місці приварювання опорної лапи. Література: [1–3, 9]	6
3	Розрахунок опорної обичайки. Розрахунок опорної обичайки. Література: [1–3, 5, 7]	8
	Перевірка несучої спроможності обичайки при застосуванні сідлових опор. Література: [[1–3, 9]	14
4	Перевірка несучої спроможності обичайки в місці приварювання стропувального вушка. Перевірка несучої спроможності обичайки в місці приварки стропувального вушка. Література: [1–3, 9]	4
Всього годин		36

6. Самостійна робота студента

При викладенні навчальної дисципліни «Розрахунок і конструювання несучих елементів конструкцій» самостійна робота студента займає 55% часу вивчення кредитного модуля, враховуючи підготовку до заліку. Самостійна робота студентів включає підготовку до аудиторних занять, виконання модульної контрольної роботи, 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.	10
2	Виконання індивідуальних практичних завдань по темі модуля.	25
Опрацювання розділів програми і тем, які не викладаються на лекціях.		
3	Конструювання та розрахунок опор і стропувальних вушок. Основні конструкції опор і стропувальних вушок. Аналіз навантажень та напружень у конструкціях опор і стропувальних вушок. Проаналізувати конструкції нові конструкції опор і стропувальних вушок за результатами літературного і патентного пошуків.. Література [1 – 16].	16
6	Підготовка до заліку	15
Всього годин		66

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 (з урахуванням індивідуальних занять)				Контрольні заходи		
Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	РГР	Семестровий контроль
4	120	18	36	—	66	1	—	залік

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

Максимальна кількість балів за роботу під час практичних занять -72.

2.2. Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

- «відмінно» – 25–28 балів;
- «добре» – 16–24 балів;
- «задовільно» – 9–15 балів;
- «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 100 балів.

Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, а також зараховані контрольні роботи.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку в системі рейтингових балів, виконують залікову контрольну роботу. Завдання контрольної роботи складається з трьох питань різних розділів робочої програми. Незадовільна відповідь з додаткового питання знижує загальну оцінку на 4 бали.

Кожне питання контрольної роботи (r_1 , r_2 , r_3) оцінюється у 33 бали відповідно до системи оцінювання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 33-30 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 29-25 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 24-20 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

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.

1. Класифікувати опори посудин та апаратів.
2. Навести конструкції опор горизонтальних апаратів.
3. Навести конструкції опор вертикальних апаратів.

4. Навести конструкції стропувальних вушок.
5. Навести конструкції опорних лап.
6. Навести конструкції опорних стійок.
7. Навести конструкції опорних обичайок.
8. Обґрунтувати призначення опор посудин та апаратів.
9. Обґрунтувати призначення стропувальних вушок.
10. Пояснити коли виникає необхідність в регульовальному гвинті для опорної лапи.
11. Пояснити коли застосовується опорна лапа зі збільшеним вильотом.
12. Навести умови застосування розрахункових формул при визначенні несучої спроможності обичайки в місці приварювання опорної лапи.
13. Пояснити як розраховується вертикальна сила, що діє на опорну лапу.
14. Навести умову несучої здатності обичайки в місці приварювання опорної лапи без підкладного листа.
15. Пояснити вплив конструкції опорної лапи на розрахунок несучої здатності обичайки.
16. Показати як розраховується граничне напруження вигину в місці кріплення опор.
17. Обґрунтувати розрахунок загального мембранного меридіанного і кільцевого напружень в циліндричній і конічній обичайках.
18. Навести умову несучої здатності обичайки в місці приварювання опорної лапи з підкладним листом.
19. Обґрунтувати застосування підкладного листа.
20. Надати алгоритм розрахунку несучої здатності обичайки в місці приварювання опорної лапи.
21. Навести формули для розрахунку напружень, які виникають у ребрі жорсткості опорної лапи.
22. Надати алгоритм розрахунку товщини ребра жорсткості опорної лапи.
23. Проаналізувати питоме навантаження, яке діє на ребро жорсткості опорної лапи .
24. Показати як визначається коефіцієнт зменшення допустимих напружень при поздовжньому вигині в розрахунку товщини ребра жорсткості опорної лапи.
25. Обґрунтувати випадки застосовуються опорних стійок.
26. Навести відмінність циліндричних від пластинчастих опорних стійок.
27. Пояснити як розраховується вертикальна сила, що діє на опорну стійку.
28. Навести умову несучої здатності опуклого днища в місці розташування опорної стійки.
29. Пояснити як визначається допустима осьова сила, що діє на опорну стійку.
30. Навести умови здійснення перевірки несучої спроможності випуклого днища при застосуванні циліндричної опорної стійки.
31. Навести допустимі області приєднання опорних стійок до сферичного сегмента і до еліптичного днища.
32. Пояснити які навантаження впливають на величину вертикального зусилля на опорну стійку.
33. Обґрунтувати застосування сідлових опор.
34. Навести розрахункові моделі посудин, в яких застосовуються сідлові опори.
35. Обґрунтувати виконання частини сідлових опор рухомими.
36. Пояснити як вибирається відстань між нерухомою та рухомими опорами.
37. Навести умови проведення перевірки несучої спроможності обичайки під сідловими опорами.
38. Навести розрахункові схеми циліндричної горизонтальної посудини постійного перерізу, які застосовуються для визначення опорних зусиль, моментів і поперечних зусиль.
39. Пояснити в яких місцях горизонтальної посудини слід визначати несучу спроможність обичайки, умови міцності і стійкості.
40. Обґрунтувати застосування підкладних кілець і кілець жорсткості в місцях розташування стропувальних вушок.
41. Пояснити як розраховується навантаження, що діє на стропувальне вушко.
42. Навести умову несучої спроможності обичайки в місці розташування стропувального вушка.
43. Навести місця приварки стропувальних вушок до сферичних і еліптичних днищ.

44. Навести особливості перевірки несучої спроможності обичайки залежно від наявності підкладного листа і елементів жорсткості.
45. Обґрунтувати застосування циліндричних і конічних опорних обичайок.
46. Навести конструкції опорних вузлів опорних обичайок.
47. Навести алгоритм перевірки опорної обичайки на стійкість.
48. Обґрунтувати розрахунок опорного вузла опорної обичайки.
49. Навести алгоритм розрахунку фундаментних болтів опорної обичайки.
50. Навести перерізи, де необхідно проводити перевірку міцності опорної обичайки.
51. Навести стандартні виконання опорних вузлів колонних апаратів.

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.)