



КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ОБЕРТОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>G Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G11 Машинобудування (за спеціалізаціями)</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інноваційного галузевого обладнання</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна/дистанційна/змішана)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр, ЛМ-51мп</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ЄКТС, 150 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен, поточний контроль</i>
Розклад занять	<i>Лекції - 2 години щотижня, практичні – 2 години (1 пара раз на два тижні)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекторка: к. т. н. Гусарова О.В. <i>контактні дані: тел. +380663120701, O.V.Husarova@nas.gov.ua</i> Практичні: к. т. н. Гусарова О.В. <i>контактні дані: тел. +380663120701, O.V.Husarova@nas.gov.ua</i> Лабораторні: не передбачено навчальним планом
Розміщення курсу	https://classroom.google.com

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Комп'ютерне проєктування обертових елементів обладнання хімічної технології» розглядає питання забезпечення міцності, стійкості, жорсткості, герметичності, корозійної тривкості, конструктивної довершеності та технологічності, а також інших вимог до заданого основного технологічного обладнання хімічних виробництв.

Предмет навчальної дисципліни

Дисципліна розглядає питання забезпечення міцності, стійкості, жорсткості, герметичності, корозійної тривкості, конструктивної довершеності та технологічності, а також інших вимог до заданого основного технологічного обладнання хімічних виробництв із застосуванням комп'ютерно-інтегрованих технологій розрахунку та проєктування.

Дисципліна сприяє розвитку професійної самосвідомості, культури спілкування, формуванню теоретичного, практичного та особистісно-мотиваційного компонентів професійної компетентності.

1.1. Мета навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентності:

- здатність до проєктної діяльності в сфері техніки і технології;
- здатність застосовувати галузеві стандарти в рамках своїх задач професійної діяльності;
- здатність представляти технічну документацію відповідно до вимог діючих систем і стандартів конструкторської документації;
- здатність до аналізу науково-технічної інформації, вітчизняного і зарубіжного досвіду з техніки і технології хімічної інженерії;
- здатність до конструювання технологічного обладнання хімічних виробництв;
- здатність до самостійної, індивідуальної роботи, прийняття рішень в рамках своїх задач професійної діяльності;
- здатність втілювати передові інженерні розробки для отримання практичних результатів.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни

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

ЗНАННЯ:

- сучасних підходів, методів і методик вирішення задач при проєктуванні обладнання;
- сучасних підходів, методів і методик вирішення задач при обслуговуванні, модернізації та експлуатації упродовж всього життєвого циклу технологічного обладнання;
- методів комп'ютерного інжинірингу, відомих пакетів прикладних комп'ютерних програм для розрахунку та конструювання обладнання.

УМІННЯ:

- користуючись науково-технічною інформацією, нормативними документами, професійними знаннями, виконувати розрахунок і конструювання нового технологічного обладнання;
- користуючись науково-технічною інформацією, нормативними документами, професійними знаннями, виконувати розрахунки та конструкторську документацію при модернізації та експлуатації упродовж всього життєвого циклу технологічного обладнання;
- виконувати комп'ютерне проєктування обладнання. Застосовувати методи комп'ютерного інжинірингу з використанням відомих пакетів прикладних комп'ютерних програм.
-

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

Перелік дисциплін, володіння якими необхідні студенту (вимоги до рівня підготовки):

- механіка матеріалів і конструкцій-1. Основи опору матеріалів;
- механіка матеріалів і конструкцій-2. Опір матеріалів при складному навантаженні;
- конструкційні матеріали та основи металознавства;
- процеси та обладнання хімічних технологій;
- розрахунок і конструювання типового обладнання.

Перелік дисциплін, які забезпечуються цією навчальною дисципліною:

- комп'ютерно-інтегровані технології проектування технологічного обладнання;
- процеси та обладнання високого тиску;
- інноваційні технології очищення та переробки матеріалів;
- курсова робота з інжинірингу інноваційних технологій та обладнання;
- наукова робота за темою магістерської дисертації-2. Науково-дослідна робота за темою магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. ЦЕНТРИФУГИ ТА СЕПАРАТОРИ

Тема 1.1. Центрифуги та сепаратори. Призначення. Основні терміни та визначення. Класифікація, основні конструкції, матеріали, допустимі напруження. Форма поверхні рідини в роторі центрифуги.

Наводяться основні терміни та визначення неоднорідних рідких сумішей, способів їх розділення та класифікація відповідних процесів; дається визначення фактору розділення та індексу продуктивності. Розглядаються основні конструкції центрифуг і сепараторів та області їх використання. Дається геометрична характеристика простору в якому відбувається процес розділення і визначається форма внутрішньої поверхні рідини в роторі центрифуги.

Тема 1.2. Навантаження на деталі барабана. Розрахунок обичайок в безмоментній зоні. Розрахунок обичайок в крайовій зоні. Розрахунок вузлів та деталей центрифуг на міцність, жорсткість та стійкість.

Наводяться поняття міцності, жорсткості та стійкості деталей і вузлів центрифуг та сепараторів. Розглядаються розподілені по поверхні та об'єму активні навантаження на обичайку барабана. Даються рівняння для визначення внутрішніх сил та напружень в безмоментній та крайовій зоні циліндричної, конічної суцільних та перфорованих обичайок барабану центрифуги та сепаратора. Наводиться розрахунок циліндричної та конічної обичайок в безмоментній зоні. Приводяться нормативні залежності.

Розглядаються навантаження на краю обичайки барабана центрифуги. Приводяться диференційні рівняння рівноваги, деформацій та їх розв'язок. Визначаються напруження на краю та умови міцності.

Тема 1.3. Розрахунок днища та борта барабанів центрифуг

Наводяться конструкції днищ, кришок та бортів центрифуг і сепараторів. Приводяться найбільш прості їх геометричні моделі.

Розглядаються напруження в диску постійної товщини, який швидко обертається; внутрішні зусилля та напруження у вісесиметричній пластині навантаженій рівномірно розподіленими по краю моментом та поперечною силою. Визначаються напруження в пластині при сумісній дії відцентрових та крайових навантажень, умови міцності.

Тема 1.4. Критична швидкість роторів центрифуг та сепараторів

Пояснюється поняття частоти власних коливань пружної системи. Явище резонансу. Поняття критичної швидкості. Діючі навантаження.

Вивід рівняння прогину. Визначення критичної швидкості ротора. Аналіз отриманого рішення.

Розділ 2. БАРАБАННІ ОБЕРТОВІ АПАРАТИ

Тема 2.1. Барабанні обертові апарати. Призначення. Терміни та визначення. Класифікація. Конструкції.

Розглядаються призначення барабанних обертових апаратів; основні терміни та визначення; класифікація, основні конструкції апаратів та окремих вузлів і деталей.

Тема 2.2. Навантаження на вузли та деталі. Розрахунок на міцність, жорсткість та стійкість.

Наводяться поняття міцності, жорсткості та стійкості деталей та вузлів.

Викладаються та аналізується розрахунок навантажень на корпус. Наводяться перевірка корпусу на міцність та жорсткість. Визначаються сили, що діють на бандаж. Розрахунок згинального моменту в перерізі бандажа. Наводяться розрахунок бандажа на витривалість.

Тема 2.3. Контактна міцність бандажів та роликів

Наводяться поняття контактної міцності та приклади контактної міцності деталей в техніці; особливості руйнування деталей при порушенні контактної міцності. Визначається контактні напруження в бандажі та роликах, демонструються епюри напружень; аналізується напружений стан та викладаються умови міцності.

Розділ 3. ПЕРЕМІШУЮЧЕ ОБЛАДНАННЯ

Тема 3.1. Призначення. Терміни та визначення. Класифікація. Конструкції

Розглядаються призначення перемішуючих пристроїв; основні терміни та визначення; класифікація, основні конструкції механічних перемішуючих пристроїв та окремих їх вузлів і деталей.

Тема 3.2. Розрахунок перемішуючих пристроїв. Розрахунок валів на вібростійкість, міцність та жорсткість

Наводиться поняття сили опору при переміщенні тіла в рідкому середовищі, розрахунок потужності, що витрачається на перемішування.

Розрахунок валів на вібростійкість, міцність та жорсткість. Пояснюється поняття частоти власних коливань пружної системи. Явище резонансу. Поняття критичної швидкості валу. Наводяться розрахункові схеми валів та визначення критичної швидкості. Викладаються методика розрахунку валів на міцність та жорсткість.

Тема 3.3 Розрахунок лопаті на міцність

Викладаються розрахунок рівнодіючої сили опору та координата точки її прикладання до лопаті лопатевої мішалки, нахиленої лопаті, еліптичної лопаті, зв'язок сили з потужністю. Визначаються згинальний та крутний моменти. Приводяться алгоритм розрахунку лопатей на міцність.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Комп'ютерне проектування обертових елементів обладнання хімічної технології: курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання» спец. 133 Галузеве машинобудування / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Гусарова. – 2-ге вид., перероб. і допов. – Електрон. текст. дані (1 файл: 8,78 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 288 с. – Назва з екрана. URI <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/70834>

2. Комп'ютерно-інтегровані технології проектування та виготовлення обладнання хімічної технології: курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання» спец. 133 Галузеве машинобудування / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Гусарова. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,91 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 249 с. – Назва з екрана. URI: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/66735>

3. Розрахунок центрифуг: Методичні вказівки до проведення практичних занять з дисциплін «Конструкторське проектування обладнання хімічних виробництв» та «Комп'ютерне проектування обладнання ЦПВ» для студентів спеціальностей «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів і «Обладнання лісового комплексу» / Укл.: О.Г. Зубрій, О.О. Семінський – Київ: НУТУ «КПІ», 2010. – 62с.

4. Смагін П.В. Міцнісні розрахунки барабанів сушарок. – Херсон: Редакційно-видавничий відділ ХНТУ. – 72 с.

5. Стороженко, В. Я. Реактори об'ємного типу з перемішувальними пристроями (розрахунок та конструювання) [Текст] : навч. посіб. / В. Я. Стороженко, В. А. Смирнов. - Суми : СумДУ, 2011. - 283 с.

Допоміжна

6. Устаткування галузі та основи проектування: Підручник для студентів хіміко-технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Волошин М.Д., Шестозуб А.Б., Гуляев В.М. – Дніпродзержинськ (Кам'янське): ДДТУ, 2004, – 371 с. (розділи 1-3).

7. Михайліченко В. П. Розрахунок і конструювання посудин і апаратів хімічної та харчової промисловості: підручник / В. П. Михайліченко, Д. І. Нечипоренко, Т. Б. Новожилова, В. В. Себко, І. В. Пітак, О. Я. Пітак – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – 280 с. doi: <http://doi.org/10.15587/978-617-7319-28-2>

8. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв [Текст]: підручник / Самойчук К. О. [та ін.] ; [за ред. Самойчука К. О.] - Київ : ПрофКнига, 2020. - 427 с. ISBN 978-617-7762-05-7.

9. Атаманюк В.М. Конспект лекцій з курсу «Розрахунок і конструювання машин та апаратів хімічних та силікатних виробництв. Розрахунок ємнісних апаратів» / В.М. Атаманюк. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2001. –99 с.

10. Ружинська Л.І. Проектування реакторів біотехнологічних та фармацевтичних виробництв. Навч. посібник/ Укладачі: Л.І. Ружинська, І А Буртна, В.М. Поводзинський, В.Ю. Шибєцький – К.: НТУУ «КПІ», 2014 – 130 с.

11. Бабко Є.М., Даценко М.М., Житнецький І.В. Основи розрахунків конструктивних елементів обладнання. Курс лекцій для студ. спец. 6090221 “Обладнання переробних і харчових виробництв” ден. та заоч. форм навчання – К.: НУХТ, 2007. - 56 с.

12. Писаренко Г.С. та ін. Опір матеріалів: підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка –2-е вид. допов. і перероб. – Київ: Вища школа, 2004. 655 с.

13. Андреев І.А., Зубрій О.Г., Мікульонок І.О. Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі і чавуни. Навч. посібник.- Київ: 1999.-148 с.

14. Андреев І.А., Мікульонок І.О. Розрахунок, конструювання та надійність обладнання хімічних виробництв: Термінологічний словник. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка» , 2002. – 216 с.

Нормативна

15. НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском.

16. ДСТУ EN 12547:2014 «Центрифуги. Загальні вимоги щодо безпеки» (EN 12547:2014, IDT).

17. ДСТУ 2432-94 Розділення рідких неоднорідних систем методами фільтрування та центрифугування. Терміни та визначення.

18. Наказ від 20.03.2012 № 352 Про затвердження переліку галузевих нормативних документів, якими користуються промислові підприємства та організації України

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних глибоких знань з дисципліни, рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі роботи критичної творчої роботи спільно з викладачем;
- виховання у студентів професійних якостей та розвиток у них самостійного творчого мислення;
- усвідомлення світових тенденцій розвитку науки в області розрахунку та конструювання обладнання;
- усвідомлення методів обробки інформаційних ресурсів та визначення основних напрямків щодо вирішення конкретних науково – технічних задач;
- викладання матеріалів розробок чіткою та якісною мовою з дотримання структурно–логічних зв'язків, роз'яснення всіх наведених термінів і понять доступних для сприйняття аудиторією.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Кількість годин
	Розділ 1. Центрифуги та сепаратори	
	Тема 1.1. Центрифуги та сепаратори. Призначення. Основні терміни та визначення. Класифікація, основні конструкції, матеріали, допустимі напруження. Форма поверхні рідини в роторі центрифуги.	
1	Лекція 1. Центрифуги та сепаратори. Призначення. Основні терміни та визначення. Класифікація. Наводяться основні терміни та визначення неоднорідних рідких сумішей, способів їх розділення та класифікація відповідних процесів; дається визначення фактору розділення та індексу продуктивності. Класифікація центрифуг та сепараторів. Позначення центрифуг. Література [1-2, 16, 17] Завдання на СРС. Класифікація центрифуг та сепараторів. Вивчити позначення центрифуг. Література [1-2, 16, 17]	2
2	Лекція 2. Основні конструкції центрифуг та сепараторів. Форма поверхні рідини в роторі центрифуги. Розглядаються основні конструкції центрифуг і сепараторів та області їх використання. Виводиться диференціальне рівняння форми поверхні. Рішення рівняння. Аналіз результату. Література [1-2] Завдання на СРС. Основні конструкції центрифуг та сепараторів. Література [1-2]	2
	Тема 1.2. Навантаження на деталі барабана. Розрахунок обичайок в безмоментній зоні.	
3	Лекція 3. Активні навантаження на обичайку барабана. Розрахунок обичайки в безмоментній зоні. Виводяться величини активних навантажень – тиску, рівнодіючої тиску та інерційної складової навантаження. Розрахунок обичайки в	2

	безмоментній зоні. Викладаються основні положення безмоментної теорії. Визначаються внутрішні зусилля, напруження, виконується аналіз напруженого стану. Визначаються розрахункова та виконавча товщина стінки, допустима частота обертання циліндричної обичайки. Умова тонкостінності. Література [1-3] Завдання на СРС. Визначення активних навантажень. Література [1-3]	
4	Лекція 4. Розрахунок обичайок в безмоментній зоні. Визначаються внутрішні зусилля, напруження, виконується аналіз напруженого стану. Визначаються розрахункова та виконавча товщина стінки конічної та перфорованої обичайок, допустима частота обертання. Література [1-3] Завдання на СРС. Визначення напружень в стінці конічної та перфорованої обичайок. Література [1-3]	2
5	Лекція 5. Надцентрифуги. Розрахунок циліндричної обичайки ротора надцентрифуги. Надцентрифуги. Конструкції. Особливості розрахунків барабанів надцентрифуг. Напруження в обичайці викликані тиском рідини. Напруження в обичайці викликані силами інерції. Сумарні напруження. Умова міцності. Література [1, 2] Завдання на СРС. Конструкції надцентрифуг. Література [1, 2]	2
	Тема 1.3. Розрахунок обичайок в крайовій зоні	
6	Лекція 6. Розрахунок обичайки в крайовій зоні. Пояснюється причини виникнення крайових навантажень. Викладається послідовність розрахунку циліндричній обичайки барабана центрифуги в крайовій зоні. Приводиться основне рівняння сумісності деформацій та пояснюється правило знаків. Дається методика розрахунку одиничних переміщень. Диференційне рівняння прогину. Визначаються крайові навантаження на циліндричну обичайку барабана центрифуги. Проводиться методика розрахунку сил, моментів, напружень, які діють на елемент циліндричної оболонки. Приклад розрахунку обичайки в крайовій зоні. Література [1-2]. Завдання на СРС. Визначення одиничних переміщень. Література [1-2].	2
	Тема 1.4 Розрахунок днищ барабанів центрифуг, сепараторів	
7	Лекція 7. Розрахунок днища барабана центрифуги. Розрахунок днища за моделлю диска, що швидко обертається. Конструкції днищ барабанів центрифуг та сепараторів. Пояснюється розрахункові моделі днища або борта барабана центрифуги. Обґрунтовується модель тонкостінного диска, що швидко обертається. Виводяться загальні залежності для напружень в тонкостінному диску. З умов на краях визначаються постійні інтегрування. Записуються залежності для напружень в суцільному та	2

	кільцевому дисках. З умов міцності визначаються радіальні розміри та допустима частота обертання. Література [1- 3] Завдання на СРС. Конструкції днищ барабанів центрифуг та сепараторів. Література [1- 3]	
8	Лекція 8. Розрахунок днища, навантаженого розподіленим навантаженням, крайовим моментом та крайовою силою за моделлю пластини. Пояснюється розрахункові моделі пластини. Виводяться загальні залежності для внутрішніх зусиль, які діють на виділений елемент. Пояснюється їх розрахунок за методом початковими зусиль. Визначення напружень через внутрішні зусилля. Умова міцності. Література [1- 3]. Завдання на СРС. Ознайомитись з методом початкових зусиль. Література [1- 3].	2
	Тема 1.5 Критична швидкість роторів центрифуг та сепараторів	
9	Лекція 9. Вали. Основні положення. Критична швидкість роторів центрифуг та сепараторів. Вали. Основні положення. Явище резонансу. Поняття критичної швидкості. Використання резонансу в техніці. Критична швидкість роторів центрифуг та сепараторів. Діючі навантаження. Рівняння прогину. Визначення критичної швидкості ротора. Вплив гіроскопічного моменту барабана та величини вильоту центру маси барабана на величину критичної кутової частоти обертання валу Розрахунок ротора центрифуги відповідно до ДСТУ EN 12547:2016. Література [1, 2, 16, 18]. Завдання на СРС. Критична швидкість роторів. Література [1-2].	2
	Розділ 2. Конструювання та розрахунок барабанних обертових апаратів	
	Тема 2.1. Барабанні обертові апарати. Призначення Терміни та визначення. Класифікація. Конструкції.	
10	Лекція 10. Барабанні обертові апарати. Призначення. Терміни та визначення. Класифікація. Конструкції барабанних обертових апаратів та їх складових частин. Дається визначення «Барабанний обертовий апарат». Наводяться ознаки класифікації, дається класифікація. Пояснюється вибір апарату, матеріалу деталей. Обґрунтовуються вимоги до конструкції корпусу барабанного обертового апарату. Конструкції барабанних обертових апаратів та їх складових частин. Література [1, 2, 4]. Завдання на СРС. Конструкції барабанних обертових апаратів. Література [1, 2, 4].	2
	Тема 2.2. Навантаження на вузли та деталі. Розрахунок корпусу на міцність, жорсткість та стійкість	
11	Лекція 11. Розрахунок навантаження на корпус. Розрахунок корпусу на міцність, жорсткість та стійкість. Пояснюється розрахунок активних навантаження на корпус барабанного обертового апарата та реакцій опор. Розрахунок на міцність, жорсткість та стійкість.	2

	Література [1, 2, 4, 12] Завдання на СРС. Вивчити питання визначення активних навантажень та реакцій в опорах. Вивчити питання визначення моменту і поперечної сили в перерізах корпусу. Література [1, 2, 4, 12].	
12	Лекція 12. Визначення сил, що діють на бандаж, що закріплений на башмаках. Розрахунок зусиль в ключовому перерізі, теорема Кастільяно. Конструкції бандажів та способів з'єднання з корпусом апарату. Визначення сил, що діють на бандаж, що закріплений на башмаках. Визначення згинального моменту в перерізі бандажа. Розрахунок зусиль в ключовому перерізі, теорема Кастільяно. Література [1, 2, 4, 18]. Завдання на СРС. Конструкції бандажів та способів з'єднання з корпусом апарату. Література [1, 2, 4].	2
	Тема 2.3. Контактна міцність бандажів та роликів.	
13	Лекція 13. Контактний тиск та контактні напруження в матеріалі бандажа та ролика. Розрахунок бандажу та роликів з умов контактної міцності. Проводиться розрахунок геометричних розмірів полоси контакту, контактного тиску і його розподілу по ширині полоси контакту. Дається визначення напружень в зоні контакту. Виконується аналіз напруженого стану та робиться висновок щодо міцності. Перевірка бандажу, опорного та упорного роликів на контактну міцність. Розрахунок опорного ролика з врахуванням температурного подовження барабана. Література [1, 2, 4, 12]. Завдання на СРС. Конструкції опорної та опорно-упорної станцій. Підготувати тему контактна міцність. Література [1, 2, 4].	2
	Розділ 3. Перемішуючі пристрої	
	Тема 3.1. Призначення. Терміни та визначення. Класифікація. Конструкції	
14	Лекція 14. Призначення. Терміни та визначення. Класифікація. Конструкції. Дається визначення терміну перемішування, способів перемішування, класифікація перемішуючих пристроїв. Наводяться конструкції основних типів мішалок. Загальна компоновка апарату з мішалкою. Література [1, 2, 5, 9, 10] Завдання на СРС. Класифікація та конструкції перемішуючих пристроїв Література [1, 2, 5]	2
15	Лекція 15. Конструктивний розрахунок реактора. Опір тіла при русі в рідині. Розрахунок потужності для прийнятого типу мішалки. Конструктивний розрахунок реактора. Наводяться основні розрахункові залежності для визначення розмірів посудини, перемішуючих пристроїв. Наводиться поняття сили опору при переміщенні тіла в рідкому середовищі. Закон Бернуллі. Наводиться та пояснюється алгоритм розрахунку потужності для прийнятого типу мішалки. Література [1, 2, 9, 10] Завдання на СРС. Опір тіла при русі в рідині. Закон Бернуллі.	2

	Література [1]	
16	Лекція 16. Розрахунок сили опору, координати прикладання сили для перемішуючих пристроїв різних типів, залежності для розрахунку крутного та згинального моментів, перевірка міцності лопатей. Виводяться залежності для знаходження сили опору, координати точки прикладання сили для лопатевої, похилої та якірної лопатей. Надаються залежності для розрахунку крутного та згинального моментів, алгоритм перевірки міцності лопатей. Література [1, 2] Завдання на СРС. Вивчити тему «Розрахунок сили опору, координати прикладання сили для перемішуючих пристроїв різних типів» Література [1, 2]	2
	Тема 3.2. Розрахунок перемішуючих пристроїв. Розрахунок валів на вібростійкість, міцність та жорсткість.	
17	Лекція 17. Визначення частоти власних коливань валів та критичної частоти. Дається визначення частоти власних коливань валів та критичної частоти. Жорсткі та гнучкі вали. Умова вібростійкості. Визначення частоти власних коливань валів з одною зосередженою масою. Визначення частоти власних коливань валів з декількома зосередженими масами. Визначення частоти власних коливань валів з розподіленою масою. Література [1, 2, 5, 18] Завдання на СРС. Вивчити матеріал за темою частота власних валу та вимушених коливань. Явище резонансу та критична частота. Література [1, 2, 5]	2
18	Лекція 18. Розрахунок валів на жорсткість та міцність. Системи для розрахунку на міцність. Визначення переміщення валу за прийнятими геометричними розмірами та відомими зусиллями. Умова жорсткості. Правила та залежності для визначення активних та реактивних зусиль, що діють на вал. Розрахунок моментів та напруження в небезпечних перерізах. Умови міцності. Дається огляд систем для розрахунку на міцність. Література [1, 2, 5, 18] Завдання на СРС. Вивчити матеріал за темою «Розрахунок валів на жорсткість та міцність». Література [1, 2, 5]	2

Практичні заняття

Основні цілі практичних занять полягають у систематизації, закріпленні знань, отриманих на лекційних заняттях та під час самостійної роботи з теоретичним матеріалом; набутті умінь та досвіду використання розрахункових моделей розрахунків деталей на міцність, жорсткість, стійкість, умінь та досвіду використання довідкової літератури, нормативних документів; умінь та досвіду створення ескізів деталей та вузлів.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	кількість годин
	Розділ 1. Центрифуги та сепаратори	
	Тема 1.1. Центрифуги та сепаратори. Призначення. Основні терміни та визначення. Класифікація, основні конструкції. Форма поверхні рідини в роторі центрифуги.	
1	Практичне заняття 1. Центрифуги. Вибір центрифуги. Вибір матеріалу. Визначення фізичних властивостей матеріалу та допустимих напружень, в безмоментній та моментній зонах. Перевіряється умова тонкостінності обичайки ротора центрифуги	1
	Тема 1.2. Навантаження на деталі барабана. Розрахунок обичайок в безмоментній зоні	
2	Практичне заняття 1. Розрахунок активних навантажень для циліндричної обичайки барабану. Визначення напружень, аналіз напруженого стану. Визначення розрахункової та виконавчої товщини стінки циліндричної обичайки, допустимої частоти обертання з умов міцності.	0,5
3	Практичне заняття 1. Розрахунок активних навантажень для конічної обичайки барабану. Визначення напружень, виконується аналіз напруженого стану. Визначення розрахункової та виконавчої товщини стінки конічної обичайки, допустимої частоти обертання.	0,5
4	Практичне заняття 2. Розрахунок активних навантажень для перфорованої обичайки барабану. Виконується визначення напружень, аналіз напруженого стану. Визначення розрахункової та виконавчої товщини стінки, допустимої частоти обертання.	1
5	Практичне заняття 2. Розрахунок надцентрифуг. Перевіряється умова товстостінності обичайки ротора надцентрифуги. Перевірка на міцність циліндричної стінки ротора трубчастої центрифуги.	1
	Тема 1.3. Розрахунок обичайок в крайовій зоні	
	Тема 1.4 Розрахунок днища та борта барабанів центрифуг та сепараторів	
6	Практичне заняття 3. Розрахунок днища (або борта) як диска, що швидко обертається. Виконується розрахунок напружень в залежності від поточного радіуса. Виконується побудова епюр напружень залежно від поточного радіуса.	1
7	Практичне заняття 3. Розрахунок днища як пластини навантаженої тиском, крайовою силою та моментом. Виконується розрахунок напружень в залежності від поточного радіуса. Результати зводяться на графіки. Аналіз результатів. Проводиться розрахунок сумарних напружень в залежності від поточного радіуса. Будується графік напружень. Виконується аналіз та робиться висновок щодо міцності.	1
	Розділ 2. Барабанні обертові апарати.	
	Тема 2.1. Барабанні обертові апарати. Призначення. Терміни та визначення. Класифікація. Конструкції.	
8	Практичне заняття 4. Барабанні обертові апарати. Визначення маси апарату, матеріалу. Активні та реактивні навантаження на корпус барабанного обертового апарата. Проводиться розрахунок реакцій опор. Визначаються реакції в опорах окремо від розподіленого навантаження та зосереджених сил.	1

	Тема 2.2. Навантаження на вузли та деталі. Розрахунок на міцність, жорсткість та стійкість.	
9	Практичне заняття 4. Перевірка міцності корпусу барабанного апарату. Визначаються момент і поперечна сила в перерізах корпусу. Будується епюра сумарних моментів. Перевірка умови міцності.	1
10	Практичне заняття 5. Розрахунок корпусу барабана на стійкість та жорсткість. Виконується розрахунок корпусу барабана на стійкість. Виконується розрахунок корпусу барабана на жорсткість. Робляться висновки.	2
11	Практичне заняття 6. Розрахунок бандажу барабана Визначення геометричних розмірів бандажу, який вільно надітий на корпус барабанної сушарки із умови його роботи на вигин і контактну міцність. Визначається сила N_0 та момент M_0 , що діють на бандаж в ключовому перерізі. Визначення моменту в перерізах бандажу. Виконується аналіз та робиться висновок щодо небезпечного перерізу. Проводиться перевірка бандажу на міцність. Конструктивний розрахунок бандажу та ролика. Розрахунок активних навантажень на бандаж при безперервному контакті з корпусом та контакті в окремих точках.	2
	Тема 2.3. Контактна міцність	
12	Практичне заняття 7. Контактна міцність. Перевірка бандажу та опорного ролика на контактну міцність. Проводиться розрахунок геометричних розмірів полоси контакту, контактного тиску посередині полоси контакту та його розподілу по ширині максимального напруження. Виконується аналіз та робиться висновок щодо міцності.	2
	Розділ 3. Перемішуючі пристрої	
	Тема 3.1. Призначення. Терміни та визначення. Класифікація. Конструкції.	
13	Практичне заняття 8. Вибір мішалки. Визначення потужності, крутного та вигинаючого моментів. За нормативними матеріалами приймається тип мішалки та визначаються її розміри. Проводиться розрахунок потужності для прийнятого типу мішалки, розрахунок крутного та вигинаючого моментів. Проводиться перевірка міцності лопаті мішалки. Виконується аналіз та робиться висновок щодо міцності.	2
	Тема 3.2. Розрахунок перемішуючих пристроїв. Розрахунок валів на вібростійкість, міцність та жорсткість	
14	Практичне заняття 9. Розрахунок валу на вібростійкість та міцність Перевірка гладкого невагомго валу перемішуючого пристрою на вібростійкість (з одним ступенем свободи) За нормативними матеріалами розраховуються коефіцієнти та величини необхідні для визначення частоти власних коливань. Виконується перевірка консольного та однопрогонного валів на виконання умови вібростійкості. За прийнятими геометричними розмірами визначаються активні та реактивні зусилля, що діють на вал. Моменти та напруження в небезпечних перерізах. Перевіряється умова міцності.	2

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента становить 96 годин, з них 30 годин на підготовку до екзамену.

Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування знань матеріалу дисципліни, опанування методик розрахунків та конструкторських розробок; розвиток навичок формулювання задач та шляхів їх рішення; оволодіння знаннями про конструкції та розрахунки, шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу та творчого підходу у навчальній роботі.

У самостійну роботу входить визначення властивостей матеріалів та розрахункових величин за стандартами; розробка схем, таблиць, графіків, які пояснюють виконання індивідуальних завдань; креслень вузлів та деталей за індивідуальним завданням. Роботи виконуються з використанням засобів комп'ютерної техніки.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин
Розділ 1. Центрифуги та сепаратори		
1	Тема 1.1 Центрифуги та сепаратори. Призначення. Основні терміни та визначення. Класифікація, основні конструкції. Форма поверхні рідини в роторі центрифуги [1, 2]. Графік форми поверхні, розрахунок об'єму рідини в роторі.	6
	Тема 1.2. Навантаження на деталі барабана. Розрахунок обичайок в безмоментній зоні. Графік навантажень. Креслення циліндричної, конічної та перфорованої обичайок [1-3].	14
	Тема 1.3. Розрахунок обичайок в крайовій зоні. Схеми навантажень. Графіки зміни зусиль по довжині обичайки. Креслення циліндричної обичайки на краю [1, 2].	10
	Тема 1.4. Розрахунок днищ барабанів центрифуг, сепараторів. Ескізи до розрахункових схем. Графіки напружень в залежності від поточного радіуса [1, 2, 3].	6
Розділ 2. Барабанні обертові апарати		
2	Тема 2.1. Барабанні обертові апарати. Призначення. Терміни та визначення. Класифікація. Конструкції апаратів та їх вузлів, а саме – конструкції барабана (корпусу), насадок, ущільнень, бандажів та способів їх кріплення, опорної та опорно-упорної станцій, завантажувальних та розвантажувальних камер, механізмів вводу сипкого середовища [1, 2, 4].	5
	Тема 2.2. Навантаження на вузли та деталі. Розрахунок на міцність, жорсткість та стійкість.	12
	Навантаження на вузли та деталі, графік епюри внутрішніх зусиль та напружень. Розрахунок на міцність, жорсткість та стійкість [1, 2, 4].	
	Контактна міцність [1, 2, 4, 12]. Схеми навантажень, графіки епюр навантажень та напружень	3
Розділ 3. Перемішуючі пристрої		
3	Тема 3.1. Призначення. Терміни та визначення. Класифікація. Конструкції механічних перемішуючих пристроїв [1, 2, 5]. Розрахунок перемішуючих пристроїв [1, 2, 5].	4

	<i>Конструкції механічних перемішуючих пристроїв, графічні ілюстрації до схем розрахунків. Графіки епюр навантажень та напружень.</i>	<i>6</i>
<i>4</i>	<i>Підготовка до екзамену</i>	<i>30</i>

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни

Система вимог, які викладач ставить перед студентом

Правила відвідування лекцій, практичних занять :

- відвідування занять є обов'язковим;*
- не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважних причин.*

Правила поведінки на заняттях:

- студенти зобов'язані брати активну участь у навчальному процесі;*
- не заважати викладачу проводити заняття ;*
- не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом;*
- відключати телефони на занятті;*
- використовувати засоби зв'язку лише для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо;*

Правила захисту індивідуальних практичних завдань.

На практичному занятті виконуються необхідні розрахунки, викладач перевіряє їх достовірність, студент оформляє роботу. До захисту подаються роботи оформлені згідно вимог до текстових та конструкторських документів. Вимоги оголошуються викладачем на першому практичному занятті.

Робота повинна бути захищена та зарахована не пізніше наступного практичного заняття.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем за активне доброчесне виконання роботи та за творчі доробки і робочі гіпотези.

Сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 % від рейтингової шкали.

Штрафні бали використовуються в разі несвоєчасного захисту практичних робіт.

Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення академічних заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем для узгодження дій, пов'язаних із вирішенням існуючих проблем.

Політика академічної доброчесності

Плагіат та інші форми не доброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань при використанні друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять, контрольних робіт, екзамену.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Політика академічної поведінки і етики

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, адекватно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

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

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

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи
	Кредити	акад. год.	ауд год.	Лекції	Практичні	СРС	Семестровий контроль
2	5	150	54	36	18	96	екзамен

Рейтинг студента з дисципліни становить 100 балів (максимальна величина) і має дві складові:

1. стартова - 60 балів;
2. відповідь на екзамені - 40 балів.

Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за: роботу на практичних заняттях (9 занять), відповіді на питання викладача на лекціях або доповідь по конструкції обладнання, що вивчається (1 доповідь).

Система рейтингових балів

1. Практичні заняття:

- «відмінно», творче розкриття питання, вільне володіння матеріалом – 6 балів.
- «добре», глибоке розкриття питання – 4-5 бали.
- «достатньо», розкриття основних положень питання – 3 бали.
- «незадовільно», нерозкриті питання – 0 балів.

2. Доповідь по конструкціям обладнання, що вивчається:

- творча доповідь, вільне володіння матеріалом – 6 балів;
 - глибоке розкриття теми доповіді – 4 бали;
 - розкриття основних питань доповіді – 2 бали.
- або
- відповіді на питання на лекціях – 0,5-1 бал (загалом 6 балів).

3. Штрафні бали:

- невчасне виконання практичних робіт (пізніше, ніж на наступному практичному занятті) – мінус 1 бал; надсилання практичних робіт в кінці семестру – мінус 2 бали.

Необхідною умовою допуску до екзамену є відсутність заборгованостей за практичними заняттями, здана презентація, відвідування не менше 60% лекцій. Стартовий рейтинг не менше 30 балів.

Максимальна величина рейтингової семестрової шкали:

$$R = 6,0 \cdot 9 + 6 + 40 = 54 + 6 + 40 = 100 \text{ балів}$$

Умовою першої атестації є виконання 50% практичних робіт (на час атестації). **Умовою другої атестації** – виконання 75% практичних робіт (на час атестації).

На екзамені студенти виконують письмову роботу. Кожна робота містить чотири завдання (питання). Перші два - теоретичні питання, третє теоретичне або задача, четверте питання - опис конструкції. Максимальна оцінка питань – 10 балів.

Система оцінювання питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 балів
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 8 балів;
- «достатньо», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 6-7 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за екзаменаційну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

$R=r_c+r_E$	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зараховані практичні роботи або стартовий рейтинг менше 30 балів	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (як додаток до силабусу);

Основні питання екзаменаційних білетів

Центрифуги. Сепаратори

Проаналізувати конструкції центрифуг.

Проаналізувати конструкції центрифуг з ножовим вивантаженням осаду.

Проаналізувати конструкції центрифуг з шнековим вивантаженням осаду.

Проаналізувати конструкцію центрифуг з пульсуючим вивантаженням осаду.

Форма внутрішньої поверхні рідини в роторі центрифуги.

Обґрунтувати розрахунок тиску в шарі рідини циліндричної обичайки барабана центрифуги.

Обґрунтувати розрахунок навантаження P_i від дії сили інерції в циліндричній обичайки ротора центрифуги

Обґрунтувати розрахунок рівнодіючої тиску на днище барабана центрифуги.

Внутрішні сили та напруження в безмоментній зоні циліндричної обичайки барабана центрифуги.

Обґрунтувати визначення внутрішніх сил та напружень в безмоментній зоні циліндричної обичайки ротора центрифуги.

Виконати аналіз напруженого стану в безмоментній зоні циліндричної обичайки ротора центрифуги.

Розрахунок товщини стінки циліндричної суцільної обичайки барабана центрифуги.

Обґрунтувати розрахунок допустимої швидкості для циліндричної обичайки барабана центрифуги.

Перевірка умови тонкостінності циліндричної суцільної обичайки барабана центрифуги.

Внутрішні сили та напруження в перфорованій циліндричній обичайці барабана центрифуги.

Обґрунтувати розрахунок товщини стінки перфорованій циліндричній обичайки ротора центрифуги.

Пояснити послідовність розрахунку циліндричній обичайки барабана центрифуги в крайовій зоні.

Визначення крайових навантажень на циліндричну обичайку барабана центрифуги.

Диференційне рівняння прогину циліндричної обичайки барабана центрифуги.

Рівняння прогину циліндричної обичайки барабана центрифуги.

Перевірка міцності циліндричної обичайки барабана центрифуги на краю.

Надцентрифуги. Конструкції.

Обґрунтувати розрахунок циліндричної обичайки барабана надцентрифуги.

Конструкції днищ центрифуг.

Обґрунтувати визначення напружень в диску, що швидко обертається.

Розрахунок кільцевого диску, що швидко обертається на міцність.

Розрахунок суцільного диску, що швидко обертається на міцність.

Розрахунок днища (борта) барабана центрифуги навантаженого крайовим моментом.

Проаналізувати розрахунок критичної швидкості ротора надцентрифуги.

Обґрунтувати визначення критичної швидкості ротора центрифуги.

Барабанні апарати

Галузі застосування барабанних обертових апаратів.

Конструкції барабанних обертових апаратів.

Проаналізувати конструкції корпусу барабанного обертового апарату.

Проаналізувати способи кріплення бандажів на корпусі барабанного обертового апарату.

Проаналізувати конструкцію насадок барабанних апаратів.

Проаналізувати конструкцію завантажувальних камер.

Проаналізувати конструкцію розвантажувальних камер.

Проаналізувати конструкцію опорної станції барабанного обертового апарату.

Проаналізувати розрахунок навантажень на корпус барабанного обертового апарату.

Розрахунок згинального моменту в перерізах корпусу барабанного обертового апарату.

Розрахунок крутного моменту на корпус барабанного обертового апарату.

Розрахунок корпусу барабанного обертового апарату на міцність.

Обґрунтувати розрахунок корпусу барабанного обертового апарату на жорсткість.

Розрахунок корпусу барабанного обертового апарату на стійкість.

Розрахунок сил, що діють на бандаж барабанного обертового апарату.

Обґрунтувати розрахунок згинального моменту в довільному перерізі бандажу барабанного обертового апарату.

Визначення зусиль в ключовому перерізі бандажу.

Обґрунтувати перевірку бандажу на міцність від дії згинаючого моменту.

Розрахунок геометричних розмірів опорних роликів барабанного обертового апарату.

Пояснити контактний тиск в парі бандаж-опорний ролик.

Контактні напруження в матеріалів бандажу (ролика).

Обґрунтувати розрахунок бандажа (ролика) на контактну міцність.

Перемішуючі пристрої

Класифікація перемішуючих пристроїв.

Конструкції лопатевих мішалок.

Дати оцінку конструкціям якірних мішалок.

Дати оцінку конструкціям турбінних мішалок.

Дати оцінку конструкціям гвинтових мішалок.

Загальна компоновка апарату з перемішуючим пристроєм.

Сила опору тілу, яке рухається в рідині.

Обґрунтувати розрахунок рівнодіючої сили опору лопаті лопатевої мішалки.

Обґрунтувати розрахунок координати точки прикладання рівнодіючої сили опору до лопаті лопатевої мішалки.

Обґрунтувати розрахунок лопаті лопатевої мішалки на міцність.

Обґрунтувати розрахунок рівнодіючої сили опору лопаті якірної (еліптичної) мішалки.

Координати точки прикладання рівнодіючої сили опору до лопаті нахиленої мішалки.

Обґрунтувати розрахунок критичної швидкості консольного валу з одною зосередженою масою. Жорсткий та гнучкий вали.

Обґрунтувати визначення частоти власних коливань однопрогонного валу з одною зосередженою масою.

Обґрунтувати визначення частоти власних коливань консольного валу з одною зосередженою масою.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст. викладачка кафедри МАХНВ, канд.техн.наук, Олена Гусарова

Ухвалено кафедрою МАХНВ (протокол № 20 від 12.06.2025)

Погоджено Методичною радою факультету¹ (протокол № 11 від 27.06.2025)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.