

Основи моделювання фізичних процесів в біотехнологічному обладнанні

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 – Хімічна інженерія та біоінженерія
Спеціальність	162 – Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма	Біотехнології
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, 6 семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити (120 годин) в т.ч. лекцій – 36 годин, практичні роботи – 36 годин, СРС – 48 годин.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / ДКР
Розклад занять	На сайтах http://roz.kpi.ua та https://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	к.т.н., доц. каф. БТ та І, Костик Сергій Ігорович, 044-204-94-51, kostyksergey@ukr.net
Розміщення курсу	Е-Кампус, Google classroom

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна "Основи моделювання фізичних процесів в біотехнологічному обладнанні" є важливим етапом у підготовці фахівців у галузі біотехнології та біоінженерії. Основним акцентом дисципліни є використання сучасної системи автоматизованого проектування SolidWorks, що дозволяє моделювати фізичні процеси, які відбуваються в типовому біотехнологічному обладнанні. Студенти вивчають такі модулі, як SolidWorks Static Simulation для конструкційних розрахунків, SolidWorks Thermal Simulation для теплових розрахунків, SolidWorks Motion Simulation для моделювання рухомих вузлів та SolidWorks Flow Simulation для аналізу гідродинамічних процесів. Завдяки цьому дисципліна дає можливість студентам оволодіти важливими навичками, необхідними для ефективного проектування та оптимізації біотехнологічного обладнання. Курс також надає знання щодо створення 3D моделей, розробки технічної документації та застосування математичних і комп'ютерних методів для вирішення складних інженерних задач. Студенти отримують навички оцінки результатів моделювання, перевірки адекватності моделей та прогнозування їхньої роботи в різних режимах. Вони навчаються оптимізації процесів та встановленню оптимальних параметрів для досягнення високої ефективності роботи біотехнологічних установок. Вивчення цієї дисципліни забезпечує здатність студентів здійснювати прогнозування та оптимізацію роботи біотехнологічного обладнання в різних режимах та автоматизувати виробничі процеси.

Дисципліна «Основи моделювання фізичних процесів в біотехнологічному обладнанні» є вибірковою складовою циклу підготовки бакалавра спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія, освітньої програми «Біотехнології».

Метою вивчення дисципліни «Основи моделювання фізичних процесів в біотехнологічному обладнанні» є формування у студентів здібностей: створення 3D моделей елементів конструкцій обладнання в пакеті SolidWorks; проводити моделювання на статичну міцність елементів конструкцій в додатку Static Simulation; моделювання рухомих механізмів в пакеті SolidWorks в додатку Motion; моделювання теплообміну в пакеті SolidWorks розширення Thermal Simulation; моделювання гідродинаміки в пакеті SolidWorks розширення Flow Simulation.

Відповідно до мети підготовка бакалаврів за даною спеціальністю вимагає посилення сформованих у студентів компетентностей:

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 1);
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК 4);
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 5);
- Здатність використовувати знання з математики та фізики в обсязі, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми (ФК 1);
- Здатність здійснювати аналіз нормативної документації, необхідної для забезпечення інженерної діяльності в галузі біотехнології (ФК 3);
- Здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для реалізації та контролю виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення (ФК 9);
- Здатність застосовувати на практиці методи та засоби автоматизованого проектування виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення (ФК12);
- Здатність використовувати сучасні автоматизовані системи управління виробництвом біотехнологічних продуктів різного призначення, їх технічне, алгоритмічне, інформаційне і програмне забезпечення для вирішення професійних завдань (ФК 14).

Згідно з вимогами освітньої програми студенти після її засвоєння мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- Вміти застосовувати сучасні математичні методи для розв'язання практичних задач, пов'язаних з дослідженням і проектуванням біотехнологічних процесів. Використовувати знання фізики для аналізу біотехнологічних процесів (ПРН 1);
- Вміти застосовувати положення нормативних документів, що регламентують порядок проведення сертифікації продукції, атестації виробництва, вимоги до організації систем управління якістю на підприємствах, правила оформлення технічної документації та ведення технологічного процесу, базуючись на знаннях, одержаних під час практичної підготовки (ПРН 4);
- Базуючись на знаннях про закономірності механічних, гідромеханічних, тепло- та масообмінних процесів та основних конструкційних особливостях, вміти обирати відповідне устаткування в процесі проектування виробництв біотехнологічних продуктів різного призначення для забезпечення їх максимальної ефективності (ПРН 15);
- Вміти використовувати системи автоматизованого проектування для розробки технологічної та апаратної схеми біотехнологічних виробництв(ПРН 19);
- Вміти аналізувати та проектувати спеціальні біотехнологічні виробництва із виготовлення продукції різного функціонального та галузевого призначення (ПРН 25).

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

Дисципліна «Основи моделювання фізичних процесів в біотехнологічному обладнанні» є логічним продовженням дисципліни «Процеси та апарати біотехнологічних виробництв». Дисципліна забезпечує виконання дипломних атестаційних робіт кваліфікаційного рівня бакалавр.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ I. Основи обчислення та моделювання в пакеті SolidWorks.

Тема 1.1. Загальні поняття та визначення моделювання. Задачі, цілі та мета моделювання.

Тема 1.2. Істинність та адекватність моделей. Види моделювання.

Тема 1.3. Загальні відомості про SolidWorks. Основні оператори, команди та функції SolidWorks.

Тема 1.4. Створення та побудова 3D об'єктів в пакеті SolidWorks.

Тема 1.5. Створення сітки (MESH) методом кінцевих елементів в пакеті SolidWorks.

Розділ II. Розширення САПР в пакеті SolidWorks.

Тема 2.1. Статичний аналіз конструкцій на міцність та стійкість в пакеті SolidWorks розширення Static Simulation.

Тема 2.2. Моделювання рухомих механізмів в пакеті SolidWorks розширення Motion.

Тема 2.3. Моделювання теплообміну в пакеті SolidWorks розширення Thermal Simulation.

Тема 2.4. Моделювання гідродинаміки в пакеті SolidWorks розширення Flow Simulation.

Модульна контрольна робота

ДКР

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. С. В. Плашихін, Параметричне моделювання технологічних процесів. Розділ 1. Основи твердотільного параметричного моделювання в системі Solid Works [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра, за освітньою програмою «Технічні та програмні засоби автоматизації» / уклад.: С. В. Плашихін, Д. М. Складанний, Ю. А. Запорожець, С. Л. Мердух. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 83 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52104>
2. С. В. Плашихін, Параметричне моделювання технологічних процесів. Розділ 2. Моделювання фізичних процесів в CAD/CAE системі SolidWorks [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра, за освітньою програмою «Технічні та програмні засоби автоматизації» / уклад.: С. В. Плашихін. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 125 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52105>
3. С. І. Пустюльга, Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак – Луцьк: Вежа, 2018. – 172 с.
4. Томашевський, В. М. (2005). *Моделювання систем*. Вінниця: Видавнича група ВНУ. – 352 с. Отримано з https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Tomashev_2005_352.pdf
5. An Introduction to Stress Analysis Applications with SolidWorks Simulation, Student Guide https://www.solidworks.com/sw/images/content/Training/SolidWorks_Simulation_Student_Guide-ENG.pdf
6. Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. (2014). *Introducing SOLIDWORKS*. Отримано з <https://files.solidworks.com/pdf/introsolidworks.pdf>
7. Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. (2023). *Fundamentals of 3D Design and Simulation*. Отримано з https://www.solidworks.com/sites/default/files/2023-04/Fundamentals3DDesign_SIM_ENG_SV.pdf
8. Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. (2022). *What's New SOLIDWORKS 2022*. Отримано з https://files.solidworks.com/Supportfiles/Whats_new/2022/english/whatsnew.pdf

Додаткова

1. Doran, P. M. (2013). *Bioprocess engineering principles* (2nd ed.). Academic Press.
2. Steiner, G. (2018). *Pharmaceutical process development: Current chemical and engineering challenges*. Wiley.
3. Tran, L. (2020). *Beginner's Guide to SOLIDWORKS 2020 – Level I*. Mission, KS: SDC Publications.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни «Основи моделювання фізичних процесів в біотехнологічному обладнанні», рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі лекції творчої роботи студентів спільно з викладачем;
- виховання у студентів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- формування у студентів необхідного інтересу та надання напрямку для самостійної роботи;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітке і адекватне їх формулювання);
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результатів і зразків;
- викладання матеріалів лекцій чіткою і якісною мовою з дотриманням структурно-логічних зв'язків, роз'яснення всіх нововведених термінів і понять;
- доступність для сприйняття даною аудиторією.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Лекція 1-2. Моделювання, як метод пізнання навколишнього світу. Загальна характеристика методів і засобів моделювання СРС – Роль моделювання у біотехнології. Особливості моделювання процесів біотехнології. Література [1-8].	4
2	Лекція 3-4. Істинність та адекватність моделей. Види моделювання. СРС. Оцінка адекватності моделей. Література [1-8].	4
3	Лекція 5-6. Загальні відомості про SolidWorks. Основні оператори, команди та функції SolidWorks. СРС. Спеціальні оператори SolidWorks. Комбінації клавіш швидкого доступу в SolidWorks. Література [1-8].	4
4	Лекція 7-8. Створення та побудова 3D об'єктів в пакеті SolidWorks. СРС. Спеціальні інструменти побудови. Масиви в SolidWorks. Література [1-8].	4
5	Лекція 9-10. Створення сітки (MESH) методом кінцевих елементів в пакеті SolidWorks. СРС. Використання різних типів елементів сітки. Література [1-8].	4
6	Лекція 11-12. Статичний аналіз конструкцій на міцність та стійкість в пакеті SolidWorks розширення Static Simulation. СРС. Крутний момент та розподілене навантаження в SolidWorks Simulation. Література [1-8].	4
7	Лекція 13-14. Моделювання рухомих механізмів в пакеті SolidWorks розширення Motion. СРС. Особливі оператори додатку SolidWorks Motion. Література [1-8].	4
8	Лекція 15-16. Моделювання теплообміну в пакеті SolidWorks розширення Thermal Simulation. СРС. Особливі оператори додатку SolidWorks Thermal Simulation. Література [1-8].	4
9	Лекція 17-18. Моделювання гідродинаміки в пакеті SolidWorks розширення Flow Simulation. СРС. Особливі оператори додатку SolidWorks Flow Simulation. Література [1-8].	4
	Всього	36

Практичні заняття

У системі професійної підготовки студентів по дисципліні «Основи моделювання фізичних процесів в біотехнологічному обладнанні», практичні заняття займають 50 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра по спеціальності Біотехнології та біоінженерія. Зміст цих занять і методика їх проведення повинні забезпечувати розвиток творчої активності особистості. Вони розвивають наукове мислення і здатність користуватися спеціальною термінологією, дозволяють перевірити знання, тому даний вид роботи виступає важливим засобом оперативного зворотного зв'язку.

Основні завдання циклу комп'ютерних практикумів - закріпити знання, отриманні при вивченні теоретичного курсу. Набути навичок побудову 3D-об'єктів та моделювання фізичних процесів, які відбуваються в обладнанні:

- допомогти студентам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області розрахунку обладнання біотехнологічних виробництв з використанням САПР, зокрема SolidWorks та ANSYS;
- ознайомити студентів з сучасними методиками розрахунків з використанням САПР;
- навчити студентів прийомам вирішення практичних завдань, сприяти оволодінню навичками та вміннями виконання розрахунку за стандартними методиками, які застосовуються в розширеннях SolidWorks: Static Simulation, Motion, Thermal Simulation; Flow Simulation;
- навчити їх працювати з науковою та довідковою літературою і програмним забезпеченням для виконання розрахунків;
- допомогти студентам набути досвід проведення аналізу конструкцій апаратів, устаткування для реалізації механічних, гідромеханічних, тепло- та масообмінних процесів;
- формувати вміння вчитися самостійно, тобто опанувати методами, способами і прийомами самонавчання, саморозвитку і самоконтролю.

№ з/п	Назва практичної роботи	Кіл-ть ауд. годин
1	Комп'ютерний практикум 1. Вивчення основних операторів , команди та функції SolidWorks. Створення 3D геометрії тіл. СРС. Виконання побудови елемента конструкції за індивідуальними завданнями.	2
2	Комп'ютерний практикум 2. Створення та побудова простих 3D- деталей та конструкцій в пакеті SolidWorks. СРС. Виконання побудови елемента конструкції за індивідуальними завданнями.	2
3	Комп'ютерний практикум 3-4. Особливості створення сітки (MESH) методом кінцевих елементів в пакеті SolidWorks. СРС. Виконання побудови елемента конструкції за індивідуальними завданнями.	3
4	Комп'ютерний практикум 5-6. Створення рухомого механізму та визначення його кінематичних параметрів. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальними завданнями.	3
5	Комп'ютерний практикум 7-8. Порівняльний аналіз на статичну міцність профілів різного поперечного перерізу. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальними завданнями.	3
6	Комп'ютерний практикум 9-10. Моделювання прогину валу перемішуючого пристрою під час його роботи.	3

	СРС. Виконання розрахунку за індивідуальними завданнями.	
7	Комп'ютерний практикум 11-12. Моделювання пористих систем. Розрахунок частинок в процесі фільтрування. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальними завданнями.	3
8	Комп'ютерний практикум 14. Аналіз теплопровідності різних видів металів. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальними завданнями.	3
9	Комп'ютерний практикум 15. Проведення термічного аналізу оребреної теплообмінної поверхні. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальними завданнями.	3
10	Комп'ютерний практикум 16. Визначення гідродинамічних параметрів при русі рідини в каналі змінного перетину. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальними завданнями.	3
11	Комп'ютерний практикум 17. Вивчення обтікання геометричного об'єкту в вузькому каналі. Турбулізатори потоку. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальними завданнями.	3
12	Комп'ютерний практикум 18. Моделювання гідродинаміки при роботі обертового перемішуючого пристрою. СРС. Виконання розрахунку за індивідуальними завданнями.	3
13	Залікова МКР виконується на останньому практичному занятті	2
	Всього	36

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 40 % часу вивчення кредитного модуля, включаючи і підготовку до заліку. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування знань в областях, що не увійшли у перелік лекційних питань шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі. Самостійна робота призначена для поглиблення знань з даного курсу.

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кіль-ть год
1	Використання модуля <i>Flow Simulation</i> для аналізу розподілу швидкості та тиску в клапані під різними режимами роботи [1 – 8].	2
2	Моделювання температурного розподілу в теплообміннику з урахуванням потоку рідини та тепловтрат через стінки [1 – 8].	2
3	Дослідження теплового потоку через багаточасткові матеріали при різних температурних градієнтах [1 – 8].	2
4	Аналіз та оптимізація форми аеродинамічного профілю труби або каналу для зменшення гідравлічних втрат [1 – 8].	2
5	Визначення напружень і деформацій у резервуарі, що знаходиться під внутрішнім тиском рідини [1 – 8].	2
6	Використання <i>Flow Simulation</i> для дослідження турбулентних потоків у складній трубопровідній системі [1 – 8].	2
7	Дослідження ефективності тепловідведення радіатора за різних швидкостей потоку охолоджувальної рідини [1 – 8].	2

8	Аналіз зміни власних частот пластини або балки при нагріванні та впливу температурного розширення [1 – 8].	3
9	Дослідження теплових потоків і конвекції в закритій або відкритій камері з джерелом тепла [1 – 8].	3
10	Використання інструменту <i>Topology Optimization</i> для оптимізації ваги конструкції, що піддається механічним і тепловим навантаженням одночасно [1 – 8].	3
11	Виконання ДКР	10
12	Підготовка до заліку	6
	Всього	48

Протягом семестру студенти виконують домашню контрольну роботу (ДКР), яка являє практичну розробку, виконану студентом, і має на меті підтвердити його вміння самостійно вирішувати задачі інженерного рівня.

Основні завдання виконання домашньої контрольної роботи :

- систематизація, закріплення і розширення теоретичних знань, отриманих у процесі навчання та їх практичне використання при вирішенні конкретних інженерних, наукових, виробничих питань пов'язаних з дослідженням та проектуванням обладнання;
- розвиток навичок самостійної роботи, оволодіння методиками розрахунку елементів ферментаційного обладнання;
- використання сучасних інформаційних технологій для розв'язання задач, які передбачені завданням.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- заохочувальні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені;
- за запізнення здачі практичної роботи нараховується штрафні бали: мінус 1-2 бали, в залежності від тривалості;
- за запізнення з поданням ДКР на перевірку нараховується штрафний бал: мінус 5 балів.

Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

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; здача заліку за іншого студента; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

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>

У випадку виявлення випадків академічної не доброчесності та плагіату в індивідуальних видах робіт студент зобов'язаний переробити даний вид робіт відповідно до власного варіанту завдання до моменту ліквідації академічної заборгованості (додаткова сесія).

Політика академічної поведінки і етики

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, конструктивно 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 (PCO)

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

Семестр	Начальний час		Розподіл навчальних годин			Контрольні заходи	
	кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	СРС	ДКР	Семестрова атестація
6	4	120	36	36	48	1	залік

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

- 1) виконання 8 практичних робіт – 48;
- 2) виконання домашньої контрольної роботи – 22;
- 3) виконання залікової модульної контрольної роботи, виконується на ПК – 30;

Система рейтингових балів (PCO)

1. Виконання і захист практичних робіт.

Максимальна кількість балів за кожне практичне завдання дорівнює - 6, з яких 4 бали за повне правильне і вчасне виконання практичного завдання і 2 бали за захист практичного завдання. Сумарно за 8 практичних занять можливо отримати $8 \times 6 = 48$ балів.

Виконання практичної роботи:

- «відмінно» – повне, правильне із можливими незначними неточностями, вчасне виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 3,5-4 балів;
- «добре» - повне, правильне із певними неточностями чи незначними помилками, вчасне виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 2,6-3,4 балів;
- «задовільно» - повне, але виконане із помилками практичне завдання та/або невчасне його виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 2 – 2,5 балів;
- «незадовільно» - не повне та/або виконання з грубими помилками чи невиконання практичного завдання під час самостійної роботи студента (СРС) – 0 балів.

Захист практичної роботи:

- «відмінно» – повна (не менше 90% потрібної інформації), правильна відповідь при захисті практичної роботи – 1,9 - 2 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), в основному правильна із деякими неточностями при захисті практичної роботи – 1,5-1,8 балів;
- «задовільно» – не повна (не менше 60% потрібної інформації) та/або відповідь з помилками при захисті практичної роботи – 1-1,4 балів;
- «незадовільно» – не вірна відповідь при захисті практичної роботи – 0 балів.

За запізнення здачі практичної роботи нараховується штрафні бали: мінус 1-2 бали, в залежності від тривалості.

2. Виконання ДКР.

Максимальна кількість балів за ДКР – 22 бали.

Виконання ДКР:

- «відмінно» – повне, правильне із можливими незначними неточностями, вчасне виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 20-22 балів;
- «добре» - повне, правильне із певними неточностями чи незначними помилками, вчасне виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 16-19 балів;
- «задовільно» - повне, але виконане із помилками практичне завдання та/або невчасне його виконання під час самостійної роботи студента (СРС) – 12 – 15 балів;
- «незадовільно» - не повне та/або виконання з грубими помилками чи невиконання практичного завдання під час самостійної роботи студента (СРС) – 0 балів.

За запізнення з поданням ДКР на перевірку нараховується штрафний бал: мінус 5 балів.

3. Виконання залікової МКР.

Максимальна кількість балів за МКР – 30 балів.

Виконання МКР:

- «відмінно» – повне, правильне із можливими незначними неточностями, вчасне виконання всіх 3-х завдань МКР – 25-30 балів;
- «добре» - повне, правильне із певними неточностями чи незначними помилками завдання та вчасне виконання не менше 2-х завдань МКР – 18-24 балів;
- «задовільно» - повне, але виконані із помилками завдання та вчасне виконання не менше 1-го завдання МКР – 10 – 17 балів;
- «незадовільно» - не повне та/або виконання з грубими помилками чи невиконання завдань МКР або не виконання жодного завдання – 0 балів.

При виконанні індивідуальних самостійних завдань (практичних робіт, ДКР) не допускається використання в списку використаної літератури російськомовних джерел.

У випадку виявлення випадків академічної не доброчесності та плагіату в індивідуальних видах робіт студент зобов'язаний переробити даний вид робіт відповідно до власного варіанту завдання до моменту ліквідації академічної заборгованості (додаткова сесія).

Календарний контроль.

Календарний контроль проводиться, як правило, на 7-8 та 14-15 тижнях кожного семестру навчання здобувачів, і реалізується шляхом визначення рівня відповідності поточних досягнень (рейтингу) здобувача встановленим і визначеним в РСО критеріям. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю з навчальної дисципліни є значення поточного рейтингу здобувача не менше, ніж 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю.

Допуск до заліку.

До заліку допускаються студенти, які виконали всі види робіт передбачених у розділі силабусу «РСО», пункти 1-3.

У випадку, якщо певний вид робіт (практична робота, ДКР) надсилається викладачу на перевірку пізніше ніж за 5 днів до встановленої дати заліку, то студент є недопущеним і автоматично відправляється на додаткову сесію, як той що не виконав обсяг робіт необхідний для допуску до заліку, передбачений цим силабусом.

Максимальна сума балів складає 100. Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

Студенти, які на момент залікового тижня (основна сесія) є допущеними виконують залікову модульну контрольну роботу. Студенти, які були недопущені мають виконати всі види робіт до моменту ліквідації академічної заборгованості (додаткова сесія) після чого вони виконують залікову модульну контрольну роботу.

Контрольна робота складається з трьох практичних завдань різних розділів робочої програми з переліку, що наданий у методичних рекомендаціях до засвоєння дисципліни. Після написання залікової модульної контрольної роботи, студент усно чи з використанням засобів відео зв'язку, в режимі реального часу, проходить співбесіду із викладачем по відповідним завданням контрольної роботи.

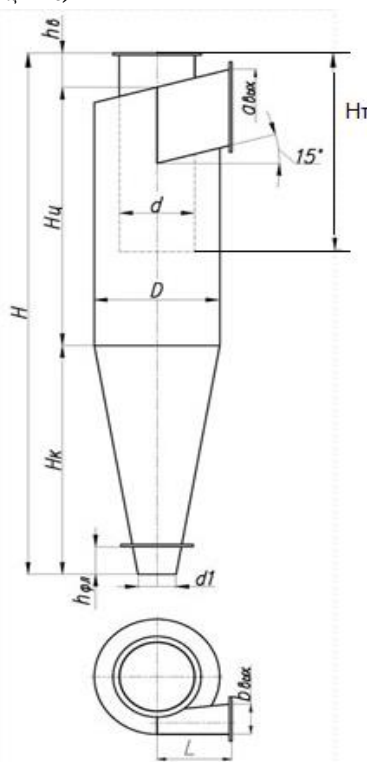
Сума балів за 3 завдання залікової модульної контрольної роботи сумуються із рейтингом балів отриманим студентом за семестр та переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Приклад орієнтовного завдання до ДКР

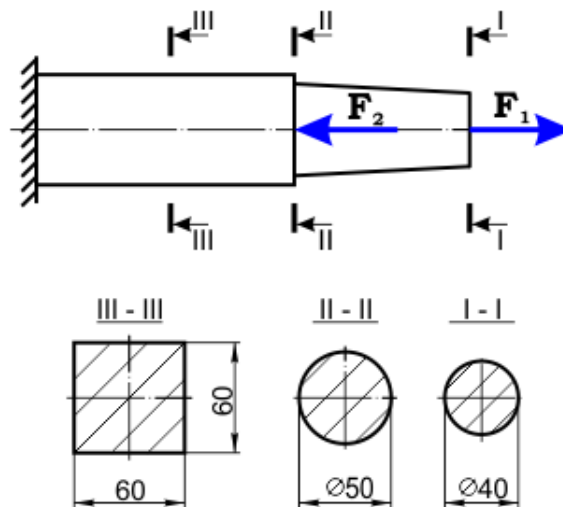
Відповідно до номера варіанта провести моделювання гідродинаміки повітря, що рухається в циклоні. Витрата повітря на вході в циклон $V, \text{ м}^3/\text{год}$, тиск на нижньому вихідному патрубку прийняти 1,1 атм, а на верхньому рівний атмосферному. Температуру повітря прийняти рівною температурі навколишнього середовища. Результати подати у вигляді епюр швидкості потоку та тиску, а також траєкторію руху потоку. Навести аналіз результатів у висновках. ***Прийняти висоту центральної труби рівною: $H_T = (H_u + h_v) - D$**



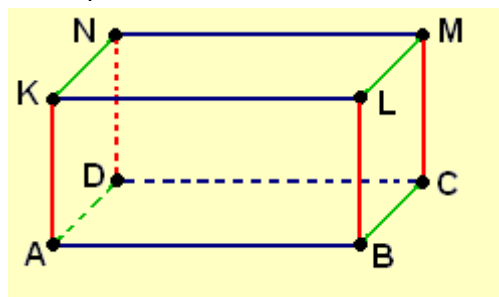
№	Позначення	D , мм	d , мм	d_1 , мм	a_{ex} , мм	b_{ex} , мм	L , мм	H , мм	$H_{ц}$, мм	$H_{к}$, мм	$h_{в}$, мм	$h_{фл}$, мм	V , м ³ /год
1	ЦН15-100	100	60	30	66	29	90	456	226	200	30	24	100
2	ЦН15-150	150	90	45	99	41	110	684	339	300	45	36	200
3	ЦН15-200	200	120	60	132	52	120	912	452	400	60	48	300
4	ЦН15-250	250	150	75	165	65	150	1140	565	500	75	60	400
5	ЦН15-300	300	180	90	198	78	180	1368	678	600	90	72	500
6	ЦН15-350	350	210	105	231	91	210	1596	791	700	105	84	600
7	ЦН15-400	400	240	120	264	104	240	1824	904	800	120	96	700
8	ЦН15-450	450	270	135	297	117	270	2052	1017	900	135	108	800
9	ЦН15-500	500	300	150	330	130	300	2280	1130	1000	150	120	900
10	ЦН15-550	500	330	165	363	143	330	2508	1243	1100	165	132	1000
11	ЦН15-600	600	360	180	396	156	360	2736	1356	1200	180	144	1100
12	ЦН15-650	650	390	195	429	169	390	2964	1469	1300	195	156	1200
13	ЦН15-700	700	420	210	462	182	420	3192	1582	1400	210	168	1300
14	ЦН15-750	750	450	225	495	195	450	3420	1695	1500	225	180	1400

Орієнтовні приклади завдань, які виносяться на залікову МКР:

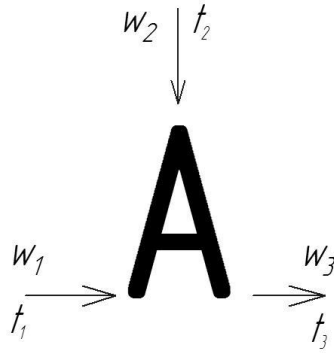
1. Перевірте на міцність стрижень при розтягу-стиску, який навантажено двома силами $F_1 = 100$ кН і $F_2 = 600$ кН. Матеріал стрижня – нержавіюча сталь. Робоча температура – 150 °С.



2. Габаритні розміри деталі $AK=1$ м, $BC=0,5$ м, $AB=5$ м. Матеріал – алюміній. Грань $BCML$ контактує з рідиною з температурою 120 °С, а грань $ABCD$ контактує з рідиною із температурою 70 °С. Всі інші грані - 20 °С. Вирішити задачу теплопровідності для деталі.



3. Використовуючи додаток SolidWorks Flow провести моделювання гідродинаміки та теплообміну для розрахункової схеми трубопроводів:



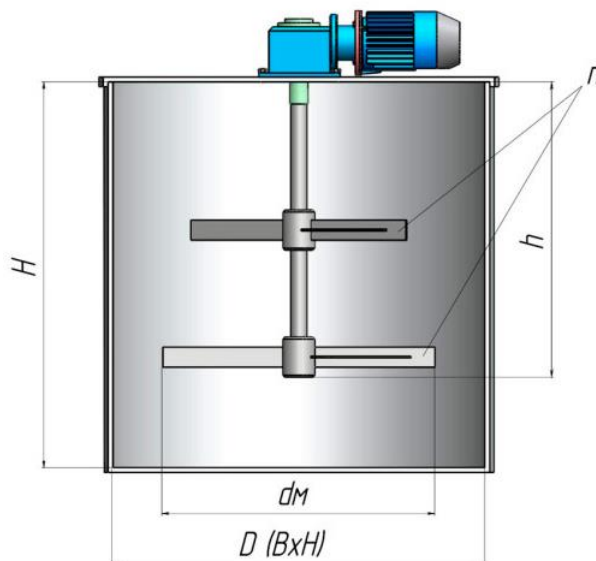
Рідина у першому вхідному штуцері має параметри: швидкість $w_1=1$ м/с, $t_1=20$ °С. Рідина у другому вхідному штуцері має параметри: $w_2=2$ м/с, $t_2=90$ °С.

4. Провести моделювання процесу перемішування рідини в резервуарі із наступними параметрами:

1. Габарити резервуара:
 - Висота резервуара (H): 2 м
 - Діаметр резервуара (D): 1,5 м
2. Розташування і розміри мішалки:
 - Діаметр мішалки (d_M): 0,5 м
 - Висота розташування мішалок (h): 0,5 м і 1,5 м
 - Кількість мішалок (n): 2
3. Рідина для перемішування:
 - Густина (ρ): 1000 кг/м³
 - В'язкість (μ): 0,001 Па·с
4. Параметри роботи:
 - Швидкість обертання мішалки (ω): 100 об/хв

Використовуючи модуль *Flow Simulation* у *SolidWorks*, визначити:

- Поле швидкостей і тисків рідини в резервуарі.
- Потужність, необхідну для обертання мішалки.
- Ефективність перемішування.



Орієнтовний перелік тем, які виносяться на семестровий контроль:

1. Принципи комп'ютерного моделювання фізичних процесів у SolidWorks.
2. Основні модулі SolidWorks Simulation і їх призначення.
3. Типи сіток і методів їх створення у SolidWorks Simulation.
4. Метод скінченних елементів (FEM) та його реалізація у SolidWorks Simulation.
5. Різновиди граничних умов у SolidWorks Simulation.
6. Теоретичні основи аналізу напружень у конструкціях.
7. Основи теплового аналізу у SolidWorks Simulation.
8. Особливості гідродинамічного аналізу в модулі Flow Simulation.
9. Типи навантажень, доступні в SolidWorks Simulation.
10. Методи оптимізації конструкцій у SolidWorks.
11. Основи багатофізичних аналізів у SolidWorks Simulation.
12. Теорія частотного аналізу конструкцій.
13. Контактна взаємодія та її моделювання у SolidWorks Simulation.
14. Критерії оцінки міцності матеріалів у SolidWorks Simulation.
15. Теоретичні основи моделювання конвективного теплообміну.
16. Типові помилки при моделюванні фізичних процесів у SolidWorks.
17. Відмінності між статичним і динамічним аналізом.
18. Теорія моделювання турбулентності в Flow Simulation.
19. Використання бібліотеки матеріалів у SolidWorks.
20. Верифікація та валідація результатів моделювання у SolidWorks Simulation.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н., доцент Костик С.І.

Ухвалено кафедрою біотехніки та інженерії (протокол № 13 від 19.06.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією ФБТ (протокол № 19 від 28.06.2024 р.)