НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

Факультет біотехнології і біотехніки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету біотехнології і біотехніки
_____ О. М. Дуган
«_____» _____2015 р.
_____ О. М. Дуган
«_____» _____2016 р.

“Математичні моделі процесів тепло масопереносу”

РОБОЧА ПРОГРАМА
Кредитного модуля

Підготовки	магістрів
Напряму	6.050503-Машинобудування
Спеціальності виробництв	8.05050314 Обладнання фармацевтичної та біотехнологічних
Форми навчання	денна

Ухвалено методичною комісією
факультету біотехнології і біотехніки
Протокол від____ _____ 2015 р. №____
Голова методичної комісії
_____ І. Р. Клечак
«_____» _____2015 р.

Київ-2015

Робоча програма кредитного модуля **“Математичні моделі процесів тепло масопереносу”**

для студентів за напрямом підготовки 050503-Машинобудування

Спеціальності 8.05050314 Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв

освітньо-кваліфікаційного рівня магістр за денною формою навчання

складена відповідно до програми навчальної дисципліни “Математичні моделі процесів тепло масо переносу”

Розробники робочої програми:
Доцент, канд.. техн.. наук, доцент Ружинська Людмила Іванівна _____

Робочу програму затверджено на засіданні
кафедри біотехніки та інженерії
Протокол від «30» червня 2015 р. № 12

Завідувач кафедри
_____ В.М Мельник
(підпис)
«30» червня 2015 р.

Опис кредитного модуля

<table>
<tr><td>Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень</td><td>Загальні показники</td><td>Характеристика кредитного модуля</td></tr>
<tr><td>Галузь знань 0505-Машинобудування та матеріалообробка</td><td>Назва дисципліни, до якої належить кредитний модуль
“Математичні моделі процесів тепло масопереносу”</td><td>Форма навчання
денна</td></tr>
<tr><td>Напрям підготовки 6.050503-Машинобудування</td><td>Кількість кредитів ECTS
_____2,5_____</td><td>Статус кредитного модуля
за вибором ВНЗ/студента</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Спеціальність 05050314 Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв</td><td>Кількість розділів-2</td><td>Цикл, до якого належить кредитний модуль
за вибором студента</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Індивідуальне завдання
_____ДКР_____</td><td>Рік підготовки 6
_____</td></tr>
<tr><td>Семестр XI
_____</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Освітньо-кваліфікаційний рівень
магістр</td><td>Загальна кількість годин
_____75_____</td><td>Лекції
_____36_____год.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Тижневих годин:
аудиторних__2__ год.
СРС_____2___ год.</td><td>Самостійна робота
_____39_____год.
(у тому числі на виконання індивідуальних завдань)</td></tr>
<tr><td>Вид та форма семестрового контролю
письмовий диф. залік</td></tr>
</table>

2. Мета і завдання кредитного модуля

2.1. Метою кредитного модуля є формування у студента здатностей:

- *використовувати основні принципи математичного моделювання складних систем; сучасні комп'ютерні методи та засоби програмних середовищ для реалізації і дослідження математичних моделей;*
- *використовувати знання фундаментальних розділів математики для розв'язання теоретичних задач професійної діяльності;*
- *розробляти фізичні і математичні моделі процесів, явищ та об'єктів, що відносяться до професійної сфери.*

2.2. Основі завдання кредитного модуля:

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- теоретичних засад математичного моделювання процесів тепломасообміну;
- способи представлення основних законів тепломасопереносу в різних системах координат;
- способи представлення граничних умов;
- методи розв'язання задач теплообміну та масообміну;

уміння:

- аналізувати особливості протікання тепло масообмінних процесів в обладнанні фармацевтичних та біотехнологічних виробництв;
- формулювати умови однозначності та вибирати систему координат;
- складати математичну модель процесу;
- вибирати та використовувати методики розв'язання математичної моделі;
- проводити числовий експеримент та аналізувати його результати;
- використовувати результати математичного моделювання та числового експерименту для вдосконалення обладнання.

досвід:

- аналізу особливостей процесів тепло масообміну в обладнанні фармацевтичних та біотехнологічних виробництв;
- розв'язання математичної моделі з використанням сучасних програмних засобів;
- використання результатів математичного моделювання для вдосконалення конструкцій обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв.

3. Структура кредитного модуля

Назва розділів, тем	*Кількість годин*		
	Всього	*У тому числі*	
		Лекції	*СРС*
1	*2*	*3*	*4*
Розділ 1. Теоретичні засади математичного моделювання процесів тепло масообміну.			
Тема 1.1. Основні рівняння та поняття теорії тепло масообміну.	8	6	2
Тема 1.2. Методи розв'язання математичних моделей.	7	4	3
Тема 1.3. Методи примежового шару в моделюванні процесів тепло масообміну.	12	6	6
Контрольна робота	5	2	3
Разом за розділом 1	32	18	14
Розділ 2. Математичне моделювання процесів, що протікають в обладнанні фармацевтичних та біотехнологічних виробництв.			
Тема 2.1. Математичне моделювання гідродинамічних процесів.	6	4	2
Тема 2.2. Математичне моделювання процесів стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності	6	4	2
Тема 2.3. Математичне моделювання процесів масообміну та тепло масообміну.	13	8	5
Разом за розділом 2	25	16	9
Домашня контрольна робота	10		10
Залік	8	2	6
Всього годин	75	36	39

4. Лекційні заняття

№ п/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	2
1	Лекція 1. Основні рівняння збереження. СРС. Механізми переносу теплової енергії. [1-4]
2	Лекція 2. Системи координат. Запис рівнянь збереження в різних системах координат. СРС. Рухома та нерухома системи координат.
3	Лекція 3. Умови однозначності. Математичне формулювання умов однозначності. СРС. Основні закони тепловіддачі та масовіддачі та їх математичне формулювання[1-4].
4	Лекція 4. Аналітичні методи. Наближені методи. СРС. Метод Фур'є для розв'язання задач теплопровідності. [1-4]
5	Лекція 5. Числові методи. Метод кінцевих різниць. СРС. Метод прогонки для розв'язання задач нестаціонарної теплопровідності та молекулярної дифузії[1-4]
6	Лекція 6. Метод кінцевих елементів. СРС. Розрахунок стаціонарного температурного поля в каналі складного перерізу. [5]
7	Лекція 7. Рівняння динамічного примежового шару. Інтегральне рівняння динамічного примежового шару. СРС. Рух рідини вздовж клиновидної поверхні. [2-3]
8	Лекція 8. Рівняння енергії для примежового шару. Інтегральне рівняння енергії для примежового шару. Турбулентний примежовий шар. СРС. Рівняння турбулентного примежового шару. [2-3]
9	Лекція 9. МКР
10	Лекція 10. Моделювання процесів перемішування. СРС. Моделювання руху рідини біля диску, що обертається. [2-4]
11	Лекція 11. Моделювання процесів ізотермічного руху рідини в щілинних, круглих та кільцевих каналах. СРС. Рух Хагена –Пуазейля в трубі. [2-4]
12	Лекція 12. Математичне моделювання процесів стаціонарної теплопровідності. СРС. Розподілення температур в тілі циліндричної форми в умовах стаціонарної теплопровідності. [1-4]
13	Лекція 13. Математичне моделювання процесів нестаціонарної теплопровідності. СРС. Розподілення температур в тілі сферичної форми в умовах нестаціонарної теплопровідності. [1-4]
14	Лекція 14. Математичне моделювання процесів молекулярної дифузії. СРС. Математичне моделювання процесу переносу вологи при сушінні гранул матеріалу сферичної форми. [1-4]
15	Лекція 15. Математичне моделювання процесів конвективної дифузії. СРС. Математичне моделювання процесів переносу в біофільтрах. [1-4]
16	Лекція 16. Математичне моделювання процесів тепло масо обміну в

	твердих тілах. СРС. Коефіцієнти переносу в процесах тепло масообміну в БАР. [1-4]
17	Лекція 17. Математичне моделювання процесів тепло масообміну в рідинах. СРС. Коефіцієнти переносу в процесах тепло масообміну в розчинах БАР. [1-4]
18	Лекція 18. Залік.

5. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми що виноситься на самостійне опрацювання	
1	2	3
1	Механізми переносу теплової енергії. [1-4]	2
2	Рухома та нерухома системи координат.	2
3	Основні закони тепловіддачі та масовіддачі та їх математичне формулювання[1-4].	2
4	Метод прогонки для розв’язання задач нестаціонарної теплопровідності та молекулярної дифузії[1-4]	2
5	Інтегральне рівняння динамічного примежового шару. СРС. Рух рідини вздовж клиновидної поверхні. [2-3]	2
6	Моделювання руху рідини біля диску, що обертається. [2-4]	2
7	Рух Хагена –Пуазейля в трубі. [2-4]	2
8	Розподілення температур в тілі циліндричної форми в умовах стаціонарної теплопровідності. [1-4]	2
9	Математичне моделювання процесу переносу вологи при сушінні гранул матеріала сферичної форми. [1-4]	2
10	Математичне моделювання процесів переносу в біофільтрах. [1-4]	2

6 Індивідуальні завдання

Робочою навчальною програмою передбачене виконання домашньої контрольної роботи (ДКР). Мета виконання ДКР полягає в закріпленні теоретичного матеріалу та набуття студентом вмінь аналізувати особливості протікання тепло масообмінних процесів в обладнанні фармацевтичної та біотехнологічної промисловості; формулювати умови однозначності та вибирати систему координат для математичного описання конкретного технологічного процесу; складати математичну модель процесу; вибирати, обґрунтовувати та використовувати методики розв’язання математичної моделі; проводити числовий експеримент та аналізувати його результати; використовувати результати математичного моделювання та числового експерименту для вдосконалення обладнання. Орієнтовні теми ДКР наведені в додатку А.

7. Контрольні роботи

Модульна контрольна робота виконується за розділом 1. Мета модульної контрольної роботи – виявити знання теоретичних засади математичного моделювання процесів тепло масообміну, основних рівнянь та понять теорії тепло масообміну, основних рівняння збереження, запису рівнянь збереження в різних системах координат, умови однозначності, математичне формулювання умов однозначності, вміння формулювати умови однозначності для різних процесів тепло масообміну.

Питання МКР наведені в додатку Б.

8. Рейтингова система оцінювання результатів навчання

РСО наведене в додатку В.

9. Методичні рекомендації

Самостійна робота призначена для поглиблення знань з даного курсу і змістом її є вивчення теоретичних засад математичного моделювання процесів тепло масо обміну; способи представлення основних законів тепло масо переносу в різних системах координат; способи представлення граничних умов; методи розв'язання задач теплообміну та масообміну.

При вивченні першого розділу студент повинен засвоїти основні рівняння та поняття теорії тепло масообміну, тобто диференціальні рівняння збереження, а саме, нерозривності, рівняння руху, рівняння енергії та рівняння молекулярної і конвекційної дифузії. Розібратись з системами координат та навчитись записувати рівняння збереження в різних системах координат. Особливу увагу студент повинен приділити умінню формулювати умови однозначності для конкретних процесів , що протікають в обладнанні фармацевтичних та біотехнологічних виробництв.

Студент повинен ознайомитись з методами розв'язання математичних моделей. Проаналізувати недоліки і переваги різних методів розв'язання: аналітичних, наближених, числових, кінцевих різниць, кінцевих елементів.

Вивчаючи питання пов'язані з методами примежового шару в моделюванні процесів тепло масообміну, студент повинен ознайомитись та засвоїти рівняння динамічного примежового шару, інтегральне рівняння динамічного примежового шару, рівняння енергії для примежового шару, інтегральне рівняння енергії для примежового шару, поняття турбулентного примежового шару, рівняння турбулентного примежового шару.

При вивченні другого розділу студент повинен засвоїти правила та методологію математичного моделювання гідродинамічних процесів, моделювання процесів перемішування, процесів ізотермічного руху рідини в щілинних, круглих та кільцевих каналах, математичне моделювання процесів стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності на прикладах установок неперервної стерилізації, процесів заморожування середовищ в ліофільних сушарках, розібратись з математичним моделюванням процесів масообміну та тепло масообміну на прикладах екстракції речовин в системах «тверде тіло – рідина», та прикладах сушіння в ліофільних сушарках та сушарках псевдо зрідженого шару.

Рекомендована література

Базова

1. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена [Текст]/ С. С. Кутателадзе.- М.: 1979.- 415 с.
2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя [Текст]/Г Шлихтинг.- М.: 1974.- 711 с.
3. Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача [Текст]: Учеб. для неэнергнтич. спец. втузов/ Б.Н. Юдаев - М.: Высш. шк., 1988. - 479с.: ил.
4. Котляр Я.М. Методы и задачи тепломасообмена. [Текст]: Учеб. пособие/ Я.М. Котляр, В.Д.Совершенный, Д.С. Стриженов – М.: Машиностроение, 1987. - 320с.: ил.
5. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. [Текст]/Л. Сегерлинд -М.: 1979.

Допоміжна

1. Теория тепломассообмена [Текст]/ Под ред.. А.И. Леонтьева.- М.: 1979. – 495 с.
2. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв [Текст]. Ч.І. Ферментація: Навч. посібник / Ю.І.Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новиков. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 240 с.
3. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв [Текст]/ Ч.ІІ. Оброблення культуральних рідин: Навч. посібник/ Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новиков – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 296 с.
4. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технічні розрахунки. Приклади і задачі. Основи проектування виробництв [Текст]/ Ч.ІІІ. Основи проектування мікробіологічних виробництв Навч. посібник/ Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новиков. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 252 с.
5. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підручник/ Я.М. Корнієнко, Ю.Ю Лукач, І.О. Мікульонок та ін. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011.-Ч.1-416с.
6. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підручник/ Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок та ін. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011.-Ч.2-416с.
7. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. [Текст]/ Н.И. Гельперин: Ч. 1, 2. –М.: Химия, 1981. –811 с.
8. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. [Текст]/ К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, В.Н. Носков.– Л.: Химия, 1987. – 576 с.

9. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст]: Пособие по проектированию/ под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1982. – 772 с.
10. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологи [Текст]: учеб. В 2-х частях/Ю.И. Дытнерский. – М.: Химия, 1995.
11. Аиба Ш. Биохимическая технология и аппаратура [Текст]: пер. с англ. / Ш. Аиба, А. Хемфри, Н. Миллис. – М.: Мир, 1975. –287 с.
12. Виестур У.Э. Культивирование микроорганизмов. [Текст]/ У.Є. Виестур, М. Ж. Кристапсонс, Е.С. Былинкина. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 231 с.
13. Перт С. Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток [Текст]/ С. Дж. Перт. – М.: Мир, 1978. – 331 с.
14. Федосеев К.Г. Физические основы и аппаратура микробного синтеза биологически активных соединений. [Текст]/ К.Г. Федосеев. – М.: Медицина, 1977. – 304 с.
15. Соколов В.М. Аппаратура микробиологической промышленности [Текст]/ В.М. Соколов, М.А. Яблокова.– Л.: Машиностроение. Ленингр. отд – е. 1988. – 278 с

Додаток А

Перелік завдань на ДКР

1. Математичне моделювання процесу перемішування в апараті з магнітним перемішуючим пристроєм.
2. Математичне моделювання процесу перемішування в аеробному біореакторі.
3. Математичне моделювання процесу масообміну в анаеробному біореакторі.
4. Математичне моделювання процесу сушіння в ліофільній сушарці.
5. Математичне моделювання ізотермічного руху культуральної рідини в роллерному біореакторі.
6. Математичне моделювання процесу масообміну в метантенку.
7. Математичне моделювання процесу теплообміну в стерилізаторі.

Додаток В

Питання МКР

1. Особливості математичного моделювання гідродинамічних процесів.
2. Рівняння математичної моделі процесу ізотермічного руху рідини в щілинних каналах.
3. Рівняння математичної моделі процесу ізотермічного руху рідини в круглих каналах.
4. Умови однозначності для математичної моделі процесу ізотермічного руху рідини в кільцевих каналах.
5. Рівняння математичної моделі процесів стаціонарної теплопровідності.
6. Умови однозначності для математичної моделі процесів масообміну.