

Державний вищий навчальний заклад  
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»  
Кафедра теоретичної та прикладної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”  
Проректор \_\_\_\_\_ Шарин С.В.  
“     ” \_\_\_\_\_ 2017 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Процеси і апарати хімічних виробництв

(шифр і назва навчальної дисципліни)

спеціальність \_\_\_\_\_ 102 - Хімія \_\_\_\_\_

(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація \_\_\_\_\_

(назва спеціалізації)

інститут, факультет \_\_\_\_\_ Факультет природничих наук \_\_\_\_\_

(назва інституту, факультету)

Івано-Франківськ – 2017 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Процеси і апарати хімічних виробництв» для студентів спеціальності 102 Хімія. „\_\_\_” \_\_\_\_\_  
2017 р. – 15 с.

Розробники:

Микитин І. М., к.т.н., доцент кафедри теоретичної та прикладної хімії.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної та прикладної хімії факультету природничих наук

Протокол від “30” серпня 2017 р. № 1

Завідувач кафедри теоретичної і прикладної хімії

\_\_\_\_\_ (Миронюк І.Ф.)  
(підпис)  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2017 р.

Схвалено методичною комісією факультету природничих наук

Протокол від “26” вересня 2017 р № 1

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2017 р.

Голова \_\_\_\_\_ (Шпарик Ю.С.)  
(підпис)

© Микитин І.М., 2017 рік  
© ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2017 рік

## Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6	Галузь знань <i>10 – Природничі науки</i> (шифр і назва)	за вибором	
Модулів – 1	Спеціальність (професійне спрямування): <i>102 Хімія</i>	<b>Рік підготовки:</b>	
Змістових модулів – 2		2-й	2-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання <u>Не передбачено</u> (назва)		<b>Семестр</b>	
Загальна кількість годин - 180		4-й	4-й
Тижневих годин для денної форми навчання: 4  аудиторних самостійної роботи студента: 8	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <i>бакалавр</i>	<b>Лекції</b>	
		20 год.	8 год.
		<b>Практичні</b>	
		40 год.	12 год.
		<b>Самостійна робота</b>	
		120 год.	160 год.
		<b>Індивідуальні завдання:</b> не передбачено	
Вид контролю: залік			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 33 % / 67 %

для заочної форми навчання – 11 % / 89 %

## **2. Мета та завдання навчальної дисципліни**

**2.1 Мета вивчення дисципліни "Процеси і апарати хімічних виробництв"** – подати студентам принципи класифікації, аналізу і розрахунку основних процесів і апаратів хімічного виробництва, загальну характеристику і закономірності гідродинамічних, теплових, масообмінних та механічних процесів, будови, принципу дії і особливостей апаратів, у яких відбуваються дані процеси.

### **2.2. Завдання вивчення дисципліни.**

В результаті вивчення дисципліни "Процеси і апарати хімічних виробництв " студенти повинні **знати**: принципи класифікації, методи аналізу і розрахунку основних процесів і апаратів хімічного виробництва, загальну характеристику і закономірності гідродинамічних, теплових, масо-обмінних та механічних процесів, будову, принцип дії і особливості апаратів, в яких відбуваються дані процеси; **вміти**: скласти матеріальний та тепловий баланс апарату, процесу, виробництва, вибрати розрахункові рівняння і розв'язати їх, користуватися каталогами на обладнання та довідниками.

#### Загальні компетентності (ЗК)

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 10. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 11. Здатність бути критичним і самокритичним.

#### Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК)

СК 1. Здатність застосовувати знання і розуміння математики та природничих наук для вирішення якісних та кількісних проблем в хімії.

СК 10. Здатність до опанування нових областей хімії шляхом самостійного навчання.

#### Програмні результати навчання

ПРН5. Вміти на науковій основі організувати свою працю, володіти сучасними методами збору, збереження і обробки інформації державною та іноземною мовами.

ПРН12. Уміти працювати з числовими даними і проводити розрахунки, оцінювати похибки, здійснювати оцінювання за порядком величин, правильно використовувати одиниці вимірювання.

ПРН 13. Працювати з первинними та вторинними інформаційними ресурсами і системами.

ПРН14. Розбиратися в основних проблемах наукових та навчальних дисциплін, значимості своєї професії.

## **3. Програма навчальної дисципліни**

### **Модуль 1 Процеси і апарати хімічних виробництв**

## **Змістовний модуль №1. Лекції.**

**Тема 1.** Загальні відомості. Задачі і зміст курсу. Класифікація основних процесів і їх коротка характеристика. Фізичні властивості рідин.

**Тема 2.** Гідростатика. Диференціальне рівняння рівноваги Ейлера. Основне рівняння гідростатики і його практичне застосування.

**Тема 3.** Гідродинаміка. Режим руху рідин. Розподіл швидкостей і розхід рідини при сталому ламінарному потоці. Рівняння нерозривності потоку. Диференціальне рівняння руху Ейлера.

**Тема 4.** Рівняння Бернуллі і його практичне застосування. Диференціальне рівняння руху Нав'є – Стокса. Гідравлічний опір у трубопроводах. Розрахунок діаметру трубопроводу.

**Тема 5.** Насоси. Основні параметри насосів. Відцентрові і поршневі насоси. Порівняння і області застосування насосів різних типів. Типи і основні параметри компресорних машин. Порівняння і області застосування компресорних машин різних типів.

**Тема 6.** Розділення неоднорідних систем. Відстоювання. Фільтрування. Центрифугування. Відстійники. Будова, порівняння і вибір фільтрів і центрифуг. Перемішування в рідких середовищах.

**Тема 7.** Основи теплопередачі. Визначення теплового навантаження при нагріванні і охолодженні без зміни і при зміні агрегатного стану. Рівняння теплопередачі, теплопровідності і передачі тепла конвекцією.

**Тема 8.** Нагрівання і охолодження. Класифікація, будова, особливості, переваги і недоліки теплообмінників.

**Тема 9.** Випарювання. Способи випарювання. Конструкції випарних апаратів і їх експлуатація. Багатокорпусні випарні установки.

**Тема 10.** Масообмінні процеси. Загальні відомості про масообмінні процеси. Рівняння масо передачі. Середня рушійна сила і методи розрахунку процесів масо передачі. Абсорбція. Класифікація, будова і принцип дії абсорберів. Схеми абсорбційних установок. Перегонка рідин. Проста перегонка. Ректифікація.

**Тема 11.** Екстракція. Загальні відомості. Будова екстракторів. Схеми екстракційних установок. Порівняння і вибір екстракторів. Сушка. Загальні відомості. Схеми сушки. Кристалізація. Конструкції і розрахунок кристалізаторів.

**Тема 12.** Механічні процеси. Подрібнення твердих матеріалів. Класифікація і сортування матеріалів. Змішування твердих матеріалів.

## **Змістовний модуль №2. Практичні заняття.**

**Тема 1.** Основні закони гідростатики і гідродинаміки. Практичне застосування основного рівняння гідростатики і рівняння Бернуллі.

**Тема 2.** Розв'язування задач з основ прикладної гідравліки.

**Тема 3.** Критерій Рейнольдса і визначення характеру руху рідин.

Прикладні задачі з визначення Критерія Рейнольдса і режиму руху рідин.

**Тема 4.** Гідродинамічні процеси: Порівняння і вибір насосів. Найважливіші характеристики насосів. Порівняння і вибір фільтрів. Розв'язування задач з визначенням основних параметрів насосів, вентиляторів та компресорів.

**Тема 5.** Теплові процеси. Види передачі тепла. Передача тепла через плоску стінку. Теплові апарати з компенсаційними пристроями. Випарні установки. Рішення задач по темі "Теплопередача в хімічному обладнанні.

**Тема 6.** Масообмінні процеси. Методи розрахунку масообмінних процесів. Насадкові і барботажні абсорбери. Будова. Принципи роботи. Переваги і недоліки. Ректифікація. Схеми ректифікаційних установок. Екстракція, адсорбція і сушка

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і номери тем	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		лек	прак	с.р.		лек	прак	с.р.
<b>Змістовий модуль 1</b>								
Тема 1	6	1		5	7	1		6
Тема 2	7	2		5	7	1		6
Тема 3	7	2		5	7	1		6
Тема 4	7	2		5	7	1		6
Тема 5	7	2		5	8	1		7
Тема 6	7	2		5	8	1		7
Тема 7	7	2		5	8	1		7
Тема 8	7	2		5	8	1		7
Тема 9	7	2		5	7			7
Тема 10	6	1		5	7			7
Тема 11	6	1		5	7			7
Тема 12	6	1		5	7			7
<b>Змістовий модуль 2</b>								
Тема 1	16		6	10	9		2	13
Тема 2	18		8	10	9		2	13
Тема 3	16		6	10	9		2	14
Тема 4	18		8	10	9		2	13

Тема 5	16		6	10	9		2	14
Тема 6	16		6	10	9		2	13
<b>Усього годин</b>	180	20	40	120	180	8	12	160

### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено	

### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні закони гідростатики і гідродинаміки. Практичне застосування основного рівняння гідростатики і рівняння Бернуллі.	6
2	Розв'язування задач з основ прикладної гідравліки	8
3	Критерій Рейнольдса і визначення характеру руху рідин Прикладні задачі з визначення Критерія Рейнольдса і режиму руху рідин.	6
4	Гідродинамічні процеси: Порівняння і вибір насосів. Найважливіші характеристики насосів. Порівняння і вибір фільтрів. Розв'язування задач з визначенням основних параметрів насосів, вентиляторів та компресорів.	8
5	Теплові процеси. Види передачі тепла. Передача тепла через плоску стінку. Теплові апарати з компенсаційними пристроями. Випарні установки. Рішення задач по темі "Теплопередача в хімічному обладнанні.	6
6	Масообмінні процеси. Методи розрахунку масообмінних процесів. Насадкові і барботажні абсорбери. Будова. Принципи роботи. Переваги і недоліки. Ректифікація. Схеми ректифікаційних установок. Екстракція, адсорбція і сушка	6

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено	

## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Фізичні властивості рідин	10
2	Основне рівняння гідростатики і його практичне застосування.	10
3	Режим руху рідин.	10
4	Рівняння Бернуллі для визначення витрати і швидкості рідин. Основи теорії подібності і аналіз розмірностей. Принципи моделювання. Гідродинамічна подібність. Течія неньютонівських рідин. Рух тіл в рідинах.	10
5	Насоси і компресори. Основні характеристики. Порівняння і вибір насосів і компресорів.	10
6	Характеристика гетерогенних систем. Рух тіл у в'язкому середовищі. Опір руху тіл у в'язкому середовищі. Осадження частинок під дією сили тяжіння. Рух рідин через нерухомі зернисті і пористі шари. Гідродинаміка киплячих зернистих шарів. Неоднорідні системи і методи їх розділення. Матеріальний баланс процесу розділення. Фільтрування і центрифугування. Будова, порівняння і вибір фільтрів і центрифуг. Механічне і пневматичне перемішування. Перемішування в трубопроводах. Перемішування за допомогою сопел і насосів.	10
7	Теплові баланси. Основне рівняння теплопередачі. Способи передачі тепла. Числові значення коефіцієнтів тепловіддачі. Передача тепла через стінку. Середній температурний напір.	10
8	Нагріваючі агенти і способи нагрівання. Охолоджуючі агенти, способи охолодження і конденсації. Кожухотрубні теплообмінники, теплообмінники "труба в трубі". Порівняння і вибір теплообмінних апаратів.	10
9	Багатокорпусні випарні установки.	10
10	Масообмінні процеси. Рівновага між фазами. Матеріальний баланс процесів масообміну. Насадочні і барботажні абсорбери. Переваги і недоліки насадочних і барботажних абсорберів. Схеми ректифікаційних	10



	установок періодичної і безперервної дії. Переваги і недоліки ректифікаційних установок періодичної і безперервної дії. Проста перегонка і спеціальні види перегонки.	
11	Екстракція. Фізичні основи процесу екстракції. Методи екстракції. Обладнання екстракторів. Адсорбція. Характеристика адсорбентів і їх види. Теорія адсорбції. Обладнання адсорберів. Властивість вологого газу. І-х діаграма вологого повітря. Кристалізація. Рівновага при кристалізації. Швидкість кристалізації. Вплив умов кристалізації на властивість кристалів. Способи кристалізації. Будова кристалізаторів.	10
12	Механічні процеси. Подрібнення твердих матеріалів. Фізико-хімічні основи подрібнення. Крупне, середнє і дрібне подрібнення. Класифікація і сортування матеріалів. Змішування твердих матеріалів.	10
	Разом	120

## 9. Індивідуальні завдання

### 10. Методи навчання:

- інформаційно-рецептивний (словесні, наочні)
- репродуктивний
- проблемний
- частково-пошуковий (евристичний)
- пошуковий (дослідницький)

### 11. Методи контролю

- усний контроль і самоконтроль;
- практичний контроль;
- тестовий контроль.

### Завдання для поточного контролю знань і умінь студентів

1. Класифікація процесів і апаратів хімічної промисловості.
2. Періодичні, безперервні і комбіновані процеси. Визначення, переваги і недоліки.
3. Фізичні властивості рідин. Густина і питома вага.
4. Фізичні властивості рідин. Тиск.
5. Фізичні властивості рідин. В'язкість.
6. Фізичні властивості рідин. Поверхневий натяг.
7. Диференціальне рівняння рівноваги Ейлера.
8. Основне рівняння гідростатики.

9. Використання основного рівняння гідростатики.
10. Гідравлічний радіус і еквівалентний діаметр.
11. Режими руху рідин. Критерій Рейнольдса.
12. Рівняння нерозривності потоку для сталого руху.
13. Диференціальне рівняння руху Ейлера.
14. Рівняння Бернуллі і його практичне застосування.
15. Диференціальний манометр і дросельні прилади. Їх застосування і принципи роботи.
16. Що таке насоси і які типи насосів Ви знаєте?
17. Параметри насосів.
18. Відцентрові насоси. Принцип дії, види.
19. Поршневі насоси.
20. Порівняння насосів різних типів.
21. Компресорні машини, їх типи.
22. Порівняння і вибір компресорних машин.
23. Методи розділення неоднорідних систем і їх коротка характеристика.
24. Відстійники, їх будова, принцип роботи, переваги і недоліки.
25. Види фільтрування і їх коротка характеристика.
26. Класифікація фільтрів.
27. Нутч-фільтри.
28. Барабанний вакуум-фільтр.
29. Порівняння і вибір фільтрів.
30. Процеси розділення суспензій у центрифугах і їх коротка характеристика.
31. Класифікація центрифуг.
32. Шляхи передачі тепла і їх коротка характеристика.
33. Графічне зображення і аналітичне рівняння теплового балансу.
34. Визначення теплового навантаження при нагріванні і охолодженні без зміни агрегатного стану.
35. Визначення теплового навантаження при зміні агрегатного стану.
36. Рівняння теплопередачі.
37. Рівняння теплопровідності.
38. Рівняння передачі тепла конвекцією
39. Передача тепла через стінку.
40. Передача тепла через стінку, якщо вона складається з кількох шарів.
41. Середній температурний напір.
42. Конвекція і втрати тепла в навколишнє середовище.
43. Нагрівання водяною парою.
44. Нагрівання парама висококиплячих рідин.
45. Нагрівання гарячими рідинами. Обігрів з природною і примусовою циркуляцією.

46. Нагрівання гарячими газами.
47. Охолодження.
48. Класифікація теплообмінників.
49. Трубчасті теплообмінники.
50. Що таке теплообмінники з компенсуючими пристроями, їх особливості.
51. Переваги і недоліки кожухотрубних теплообмінників.
52. Теплообмінники типу “труба у трубі”. Їх будова, переваги і недоліки.
53. Порівняння і вибір теплообмінних апаратів.
54. Випарювання. Способи випарювання.
55. Конструкції випарних апаратів і їх експлуатація.
56. Области застосування і вибір випарних апаратів.
57. Багатокорпусні випарні установки.
58. Багатокорпусна прямооточійна вакуум-випарна установка.
59. Багатокорпусна протиточійна вакуум-випарна установка.
60. Багатокорпусна випарна установка з паралельним живленням.
61. Основні відмінності між теплообмінниками і випарними апаратами.
62. Масообмінні процеси. Рівновага між фазами.
63. Абсорбція. Насадочні абсорбери.
64. Абсорбція. Барботажні абсорбери.
65. Основні переваги і недоліки насадочних абсорберів.
66. Основні переваги і недоліки барботажних абсорберів.
67. Схема абсорбційних установок з рециркуляцією поглинача.
68. Схема абсорбційних установок з послідовним сполученням абсорберів.
69. Ректифікація, коротка характеристика і принцип дії.
70. Схеми ректифікаційних установок.
71. Проста перегонка.
72. Спеціальні види перегонки
73. Екстракція. Загальні відомості про процеси екстракції в системах рідина-рідина.
74. Методи екстракції.
75. Екстракція. Загальні відомості про процеси екстракції в системах тверде тіло – рідина
76. Способи екстракції і розчинення в системах тверде тіло – рідина.
77. Конструкції апаратів в яких відбувається процеси розчинення і екстракції.
78. Адсорбція. Характеристика адсорбентів і їх види.
79. Конструкції адсорберів і схеми адсорбційних установок.
80. Сушка. Загальні відомості.
81. Основні параметри вологого газу.
82. I-x діаграма вологого газу.
83. Кристалізація. Загальні відомості.. Способи кристалізації
84. Подрібнення твердих матеріалів. Загальні відомості.
85. Класифікація і сортування матеріалів. Змішування твердих матеріалів.

## 12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота	Залік
Змістовий модуль 1-3	100
Тести по лекціях - 50 Тести по практичних - 50	

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
80 – 89	<b>B</b>	добре	
70 – 79	<b>C</b>		
60 – 69	<b>D</b>	задовільно	
50 – 59	<b>E</b>		
26 – 49	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Критерії оцінювання знань, умінь і навичок студентів з навчальної дисципліни при підсумковому контролі необхідно розробити, виходячи з таких загальних рекомендацій:

*"відмінно"* – студент демонструє повні і глибокі знання навчального матеріалу, достовірний рівень розвитку умінь та навичок, правильне й обґрунтоване формулювання практичних висновків, вміння приймати необхідні рішення в нестандартних ситуаціях, вільне володіння науковими термінами, аналізує причино – наслідкові зв'язки;

*"добре"* – студент демонструє повні знання навчального матеріалу, але допускає незначні пропуски фактичного матеріалу, вміє застосовувати його щодо конкретно поставлених завдань, у деяких випадках нечітко формулює загалом правильні відповіді, допускає окремі несуттєві помилки та неточності;

*"задовільно"* – студент володіє більшою частиною фактичного матеріалу, але викладає його не досить послідовно і логічно, допускає істотні пропуски у відповіді, не завжди вміє інтегровано застосувати набуті знання для аналізу конкретних ситуацій, нечітко, а інколи й невірно формулює основні теоретичні положення та причинно – наслідкові зв'язки;

*"незадовільно"* – студент не володіє достатнім рівнем необхідних знань, умінь, навичок, науковими термінами.

### 13. Методичне забезпечення

1. Програма курсу «Процеси і апарати хімічних виробництв» для студентів спеціальності «Хімія».
2. Конспект лекцій.
3. Варіанти теоретичних питань для самостійного вивчення.

### 14. Рекомендована література Базова

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Химия, 1973.
2. Плановский А. Н., Рамм В. М., Каган С. З. Процессы и аппараты химической технологии. Химия, 1968.
3. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Химия, 1969.
4. Перри Дж. Справочник инженера-химика. Химия, 1969.
5. Чернобыльский И. И., Бондарь А. Г., Гаевский Б. А. и др. Машины и аппараты химических производств. Химия, 1962.
6. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн. М.: Химия, 1995. – 400 с.

### Допоміжна

1. Лашинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Машиностроение, 1970.
2. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. Наука, 1970.
3. Григорьев В. А., Колач Т. А., Соколовский В. С. и др. Краткий справочник по теплообменным аппаратам. Госэнергоиздат, 1962.
4. Чечеткин А. В. Высокотемпературные теплоносители. Энергия, 1971.
5. Кафаров В. В. Основы массопередачи. Высшая школа, 1972.
6. Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Химия, 1971.
7. Матусевич Л. Н. Кристаллизация из растворов химической промышленности. Химия, 1968.
8. Серпионова Е. Н. Промышленная адсорбция газов и паров. Высшая школа, 1969.
9. Романков П. Г., Рашковская Н. Б. Сушка в кипящем слое. Химия, 1964.
10. Романков П. Г., Рашковская Н. Б. Сушка во взвешенном состоянии. Химия, 1968.



Зміни і доповнення до робочої програми розглянуті і схвалені на засіданні кафедри  
(протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ р.).

Завідуючий кафедрою \_\_\_\_\_  
..... " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ р.

підпис

прізвище, ініціали