

**Міністерство освіти і науки України**  
**Харківська національна академія міського господарства**

**В.О. Ткачов, І.М. Чуб**

**Програма та робоча програма**  
**навчальної дисципліни**  
**«МАСОПЕРЕДАЧА»**

(для студентів 3-4 курсів денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напрямів підготовки 0926 – «Водні ресурси», 6.060103 – «Гідротехніка (Водні ресурси)»)

Харків – ХНАМГ - 2009

Програма та робоча програма навчальної дисципліни «Масопередача» (для студентів 3-4 курсів денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, напрямів підготовки 0926 – «Водні ресурси», 6.060103 – «Гідротехніка (Водні ресурси)») / Укл.: В.О. Ткачов, І.М. Чуб – Харків: ХНАМГ, 2009. – 28 с.

Укладачі: В.О. Ткачов,  
І.М. Чуб

Рецензент: докт. техн. наук, проф. С.С. Душкін

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки вод, протокол № 1 від 2.09.2008 р.

## Зміст

стор.

Вступ.....	4
<b>1. Програма навчальної дисципліни.....</b>	<b>6</b>
1.1. Мета, предмет та місце дисципліни.....	6
1.2. Інформаційний обсяг (зміст) дисципліни.....	7
1.3. Освітньо-кваліфікаційні вимоги.....	9
1.4. Рекомендована основна навчальна література.....	10
1.5. Анотації дисципліни.....	10
<b>2. Робоча програма навчальної дисципліни.....</b>	<b>12</b>
2.1. Розподіл обсягу навчальної роботи студента за спеціальностями та видами навчальної роботи.....	12
2.2. Зміст дисципліни.....	14
2.3. Самостійна робота студентів.....	20
2.4. Засоби контролю та структура залікового кредиту.....	20
2.5. Інформаційно-методичне забезпечення.....	27

## ВСТУП

Застосування різних методів водообробки в галузі водопостачання і водовідведення ґрунтується на фундаментальних законах фізики, хімії, термодинаміки, фізичної хімії та інших наук. Дисципліна «Масопередача» - є інженерною дисципліною та вивчає теорію процесів водообробки, принципи влаштування і методи розрахунку апаратів і установок, які застосовуються у цій галузі. Такі відомі методи як абсорбція, адсорбція, екстракція, іонний обмін та мембранні методи неможливо застосовувати без знання загального принципу розрахунку процесів, їх апаратурного оформлення.

Основними завданнями, що мають бути вирішені в процесі викладення дисципліни, є теоретична і практична підготовка студентів з питань:

- сутність та закономірності протікання процесів масопередачі, масовіддачі, масообміну; основні рівняння масопередачі, закон Фіка; коефіцієнти масопередачі, масовіддачі, масообміну;
- класифікація масообмінних процесів водопідготовки;
- теоретичні основи, методи розрахунку, проектування та влаштування процесів і апаратів підготовки води;
- рівновага між фазами, побудова лінії рівноваги (ізотерми); складання рівнянь балансу речовини в апаратах, побудова робочих ліній будь яких процесів;
- схеми процесів масообміну за відносним напрямком фаз;

Метою вивчення дисципліни є формування у майбутніх фахівців знань, необхідних для аналізу та вибору масообмінних процесів і апаратів підготовки води та їх розрахунку залежно від конкретних умов.

Предметом вивчення дисципліни є розгляд основних законів масопереносу між фазами у статичних та динамічних умовах і застосування їх для проектування та влаштування технологічних схем і апаратів для підготовки води.

Необхідним елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни є самостійна робота студентів з літературою, довідниками та державними нормами і правилами щодо роботи систем водопостачання та водовідведення.

Програма навчальної дисципліни «Масопередача» розроблена на основі:

- ГСВОУ МОНУ «Освітньо-кваліфікаційна характеристика бакалавра напряму підготовки 0926 «Водні ресурси», 04.06.2004 р. № 452. (з 2006 р. напрям 6.060103 – «Гідротехніка (Водні ресурси)»).

- ГСВОУ МОНУ «Освітньо-професійна програма підготовки бакалавра напряму підготовки 0926 «Водні ресурси», 04.06.2004 р. № 452. (з 2006 р. напрям 6.060103 – «Гідротехніка (Водні ресурси)»).

- СВО ХНАМГ Навчальний план підготовки бакалавра за спеціальністю 6.092600 – Водопостачання та водовідведення, 2007 р.

Програма навчальної дисципліни «Масопередача» ухвалена кафедрою «Водопостачання, водовідведення та очищення вод» **протокол № 1 від 30.08.2007 р.** та Вченою радою факультету Інженерної екології міст **протокол № 1 від 29.08.2007 р.**

# 1. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## 1.1. Мета, предмет та місце дисципліни

Метою вивчення дисципліни є:

1) вивчення законів масопереносу, та вибір масообмінних процесів і апаратів підготовки води, їх застосування у практиці водопостачання та водовідведення;

2) підготовка фахівця, який володітиме знаннями, пов'язаними з вирішенням технічних питань у галузі водопостачання, водовідведення та очистки води.

Основними завданнями, що будуть вирішені у процесі викладання дисципліни, є теоретична та практична підготовка бакалавра з наступних питань:

- сутність процесів масопередачі, масовіддачі, масообміну;
- закон Фіка; основні рівняння масопередачі; коефіцієнти масопередачі, масовіддачі, масообміну;
- класифікація масообмінних процесів водопідготовки;
- рівновага між фазами, побудова лінії рівноваги (ізотерми), види ізотерм;
- складання рівнянь матеріального балансу речовини в апаратах, побудова робочих ліній будь яких процесів;
- принципи розрахунку різних процесів та апаратів, застосування робочої лінії та ізотерми;
- схеми процесів масообміну за відносним напрямком фаз;

Предметом вивчення дисципліни є розгляд основних законів масопереносу між фазами у статичних та динамічних умовах і застосування їх для проектування та влаштування технологічних схем і апаратів для підготовки води.

Навчальна дисципліна «Масопередача» належить до циклу нормативних професійних дисциплін за напрямком 0926 «Водні ресурси», до варіативних

дисциплін професійно-практичної підготовки з напрямку 6.060103 – «Гідротехніка (Водні ресурси)» із спеціальності 6.092600 – «Водопостачання та водовідведення».

Таблиця 1.1 – Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки бакалавра

Перелік дисциплін, на які безпосередньо спирається вивчення даної дисципліни	Перелік дисциплін, вивчення яких безпосередньо спирається на дану дисципліну
Хімія. Фізика. Технічна механіка рідини і газу.	Теоретичні основи технології очистки води. Технологія очистки природних вод. Технологія очистки промислових стічних вод.

## 1.2. Інформаційний обсяг (зміст) дисципліни

### Модуль 1. Масопередача

(3/108)

#### ЗМ 1.1. Загальні відомості про масопередачу, масовіддачу, масообмін

Визначення, сутність та закономірності протікання процесів масопередачі, масовіддачі, масообміну. Основне рівняння переносу речовини (закон Фіка).

Загальні підходи до аналізу процесів переносу. Перенос речовини у межах фази, між двома фазами, виникнення дифузійного шару. Коефіцієнти масопередачі, масовіддачі, масообміну.

Класифікація масообмінних процесів водопідготовки. Традиційна класифікація: з безпосереднім контактом фаз, без контакту фаз. Характеристика масообмінних процесів водопідготовки.

Рівновага між фазами: рідина-рідина, рідина-газ, рідина-тверде, газ-тверде. Будування ліній рівноваги. Основні ізотерми. Лінійні ізотерми. Коефіцієнт розподілу. Рівняння Фрейдліха, Ленгмюра.

#### ЗМ 1.2. Принципові схеми взаємодії двохфазних потоків

Матеріальний баланс. Побудова робочих ліній для різного типу установок, апаратів. Поняття теоретичного ступеня. Поняття середньої

рухомої сили процесу адсорбції, числа одиниць переносу (ЧОП), висоти одиниці переносу. Класифікація по взаємному направленню руху фаз.

Технологічна схема прямої адсорбційної установки очищення води і ПАВ.

Технологічна схема очищення води з перехресним та протиточним рухом води й ПАВ.

Періодичні та безперервні процеси підготовки води. Адсорбери з протиточним рухом фаз і з нерухомим шаром.

Принцип розрахунку сорбційних апаратів з нерухомим шаром. Вплив внутрішньої і зовнішньої дифузії на масоперенос при адсорбції. Поняття сорбційного фронту. Закон Вікке. Вплив виду ізотерми на форму сорбційного фронту. Паралельний перенос. Умови паралельного переносу сорбційного фронту. Швидкість руху стаціонарного фронту. Довжина зони масопередачі.

### **ЗМ 1.3. Масообмінні процеси водопідготовки; технологічні схеми та апарати, застосовувані для їх реалізації**

Апарати, застосовувані для газорідного масообміну. Термічна деаерація. Особливості видалення з води різних газів фізичними методами.

Класифікація апаратів для адсорбційного очищення води. Адсорбери з псевдорозрідженим шаром активного вугілля – одно і багатосекційні. Розрахунок.

Мембранні процеси та апарати водопідготовки. Класифікація мембран: за природою, структурою, галуззю застосування. Осмос, зворотній осмос. Принципові схеми зворотньоосмотичних установок. Зворотньоосмотичні мембранні апарати з плоскими та трубчастими мембранами, з мембранами у виді порожніх волокон.

### 1.3. Освітньо-кваліфікаційні вимоги

(відповідно до галузевих стандартів ОКХ і засобів діагностики (ЗД): виробничі функції, типові завдання діяльності і вміння (за рівнями сформованості), якими повинні оволодіти студенти внаслідок вивчення даної дисципліни)

Таблиця 1.2 - Освітньо-кваліфікаційні вимоги до підготовки бакалаврів

Вміння (за рівнями сформованості) та знання	Типові завдання діяльності, в яких використовують вміння і знання	Виробничі і соціальні функції, до яких відносяться типові задачі діяльності
<p>Фахівець повинен оволодіти знаннями щодо:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основних законів масопереносу міжфазних процесів, рівновагі між фазами;</li> <li>• використання цих законів в розрахунках та при вирішенні практичних задач.</li> </ul>	Наукові дослідження в галузі використання гідравлічних законів	Науково-дослідна робота
<p>Фахівець повинен вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• скласти рівняння матеріального балансу установки чи апарата;</li> <li>• знайти потрібні формули;</li> <li>• користуватись довідковою літературою і використовувати емпіричні формули.</li> </ul>	Соціально-виробнича	Науково-дослідна робота
<p>Бакалавр повинен вивчити:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основні рівняння масопередачі;</li> <li>• класифікацію масообмінних процесів водопідготовки;</li> <li>• основні ізотерми;</li> <li>• класифікацію по взаємному направленню руху фаз, технологічні схеми;</li> <li>• періодичні та безперервні процеси підготовки води;</li> <li>• принцип розрахунку сорбційних апаратів з нерухомим шаром.</li> </ul>	Виробнича	Проектувальна, виконавча
<p>Бакалавр повинен вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• керуючись необхідними методиками, паспортом виробів та іншою документацією вибирати для застосування відповідні обладнання, матеріали і вироби при проектуванні та конструюванні;</li> <li>• керуючись необхідними методиками, виконувати розрахунок елементів водогосподарських мереж та споруд;</li> <li>• продемонструвати здатність засвоєння нових знань, роботи з літературними джерелами та використовувати прогресивні технології.</li> </ul>	Виробнича	Технологічна
<p>Бакалавр повинен вміти використовувати технічну документацію, науково-технічну літературу та застосовувати отриманні знання на практиці.</p>	Соціально-виробнича	Управлінська, організаційна

#### 1.4. Рекомендована основна навчальна література

1. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник./ Айнштейн В.Г, Захаров М.К. и др. – М.: Универс. книга; Логос, 2006. – 872 с.
2. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник / Ю.Т. Дытнерский. В 2-х книгах – М. "Химия", 1995 – 608 с.
3. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник. В 2-х частях. Часть 2 / Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, А.П. ГОТЛИНСКАЯ. – Харьков: НТУ. «ХПИ». 2005 – 532 с.

#### 1.5. Анотації дисципліни

Анотація програми навчальної дисципліни

##### **МАСОПЕРЕДАЧА**

*Мета:* формування у майбутніх фахівців знань, необхідних для аналізу та вибору масообмінних процесів та апаратів підготовки води та їх розрахунку залежно від конкретних умов.

*Предмет:* теорія та сутність масообмінних процесів водопідготовки, закони масопереносу між фазами; методи розрахунку, проектування та влаштування технологічних схем і апаратів для підготовки води.

*Зміст:* Загальні відомості про масопередачу, масовіддачу, масообмін. Принципові схеми взаємодії двохфазних потоків. Масообмінні процеси водопідготовки; технологічні схеми та апарати, застосовувані для їх реалізації.

Аннотация программы учебной дисциплины

##### **МАСОПЕРЕДАЧА**

*Цель:* формирование у будущих специалистов знаний, необходимых для анализа и выбора массообменных процессов и аппаратов подготовки воды и их расчета в зависимости от конкретных условий.

*Предмет:* теория и суть массообменных процессов водоподготовки, законы массопереноса между фазами; методы расчета, проектирования и устройства технологических схем и аппаратов для подготовки воды.

*Содержание:* основные сведения о массопередаче, массоотдаче, массообмене. Принципиальные схемы взаимодействия двухфазных потоков. Массообменные процессы водоподготовки; технологические схемы и аппараты, применяемые для их реализации.

The summary of the program of a subject matter

### **MASSTRANSFER**

*The purpose:* formation at the future specialist of the knowledge required for analysis and a choice the masstransfer processes and devices of water treatment and their calculation depending on concrete conditions.

*Subject:* the theory and essence massinterchange water preparation processes, laws masstransfer between phases; methods of calculation, designing and the device of technological schemes and devices for water preparation.

*The contents:* Main information about masstransfer, masstransport, massinterchange. Principle schemes of the interaction two-phase flow. Massinterchange water treatment processes; the technological schemes and devices applied to their realisation.

## 2. РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1. Розподіл обсягу навчальної роботи студента за спеціальностями та видами навчальної роботи

Таблиця 2.1 - Розподіл обсягу навчальної роботи студента (денна форма навчання)

Призначення: підготовка спеціалістів	Напрямы, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
<b>Кількість кредитів, відповідних ECTS –3</b> <b>Модулів –1, РГЗ</b> <b>Змістових модулів – 3</b> <b>Загальна кількість годин – 108</b>	<b>Напрямы: 0902 "Водні ресурси",</b> <b>6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»</b> <b>Спеціальність:</b> 6.092600 "Водопостачання та водовідведення" <b>Освітньо-кваліфікаційний рівень:</b> Бакалавр	<b>Статус дисципліни -</b> Нормативна <b>Рік підготовки: 3-й</b> <b>Семестр: 5-й</b> <b>Лекції – 36 год.</b> <b>Практичні – 18 год.</b> <b>Лабораторні роботи – 0 год.</b> <b>Самостійна робота – 54 год.</b> <b>Вид підсумкового контролю:</b> 5 семестр – екзамен (0926) 5 семестр – залік (6.060103)

**Примітка:** співвідношення кількості годин аудиторних занять і самостійної роботи становить 50 % до 50 %.

Таблиця 2.2 - Розподіл обсягу навчальної роботи студента (заочна форма навчання)

Призначення: підготовка спеціалістів	Напрямы, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
<b>Кількість кредитів, відповідних ECTS –3</b> <b>Модулів – 1, РГЗ</b> <b>Змістових модулів – 5</b> <b>Загальна кількість годин – 108</b>	<b>Напрямы: 0902 "Водні ресурси",</b> <b>6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»</b> <b>Спеціальність:</b> 6.092600 "Водопостачання та водовідведення" <b>Освітньо-кваліфікаційний рівень:</b> Бакалавр	<b>Статус дисципліни -</b> Нормативна <b>Рік підготовки: 4-й</b> <b>Семестр: 7-й, 5-й</b> <b>Лекції – 6 год.</b> <b>Практичні – 4 год.</b> <b>Лабораторні роботи – 4 год.</b> <b>Самостійна робота – 94 год.</b> <b>Вид підсумкового контролю:</b> 7 семестр – екзамен (0926) 5 семестр – залік (6.060103)

**Примітка:** співвідношення кількості годин аудиторних занять і самостійної роботи становить 12 % до 88 %.

Структура робочої програми навчальної дисципліни «Масопередача» наведена у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Структура навчальної дисципліни «Масопередача»

Спеціальність, спеціалізація, (шифр, аббревіатура)	Всього, кредит/ годин	Семестри	Години							Екзамен (семестр)	Залік (семестр)	
			Аудиторні	у тому числі			Самостійна робота	у тому числі				
				Лекції	Практичні, семінари	Лабораторні		Контр. роб.	КП / КР			РГЗ
6.092600 – ВВ (денна форма навчання)	3/108	5	54	36	18		54			20	5	
6.060103 – ВВ (денна форма навчання)	3/108	5	54	36	18		54			20		5
6.092600 – ВВ (заочна форма навчання)	3/108	7	14	6	4	4	94			30	7	
6.060103 – ВВ (заочна форма навчання)	3/108	5	14	6	4	4	94			30		5

У процесі навчання студенти отримують необхідні знання під час проведення аудиторних занять: лекційних, практичних, лабораторних. Найбільш складні питання винесено на розгляд і обговорення під час практичних занять. Також велике значення в процесі вивчення і закріплення знань має самостійна робота студентів. Усі ці види занять розроблені відповідно до положень Болонської декларації.

## 2.2. Зміст дисципліни

### Модуль 1. Масопередача (3/108)

#### ЗМ 1.1. Загальні відомості про масопередачу, масовіддачу, масообмін.

**Тема 1.** Визначення, сутність та закономірності протікання процесів масопередачі, масовіддачі, масообміну.

Вступ. Основні задачі курсу. Закон переносу речовини (закон Фіка). Загальні підходи до аналізу процесів переносу. Перенос речовини у межах фази, між двома фазами, виникнення дифузійного шару.

**Тема 2.** Класифікація масообмінних процесів водопідготовки.

Традиційна класифікація: з безпосереднім контактом фаз, без контакту фаз. Основні рівняння масопередачі. Коефіцієнти масопередачі, масовіддачі, масообміну. Визначення коефіцієнтів. Механізм масопереносу – моделі Л'юїса, пограничного дифузійного шару та ін. Характеристика масообмінних процесів водопідготовки.

**Тема 3.** Рівновага між фазами: рідина-рідина, рідина-газ, рідина-тверде, газ-тверде.

Застосування теорії об'ємного заповнення мікропор (ТОЗМ) для опису і розрахунку ізотерм. Будування ліній рівноваги. Вагові й об'ємні методи виміру адсорбції. Основні ізотерми. Лінійні ізотерми. Коефіцієнт розподілу. Мономолекулярна теорія адсорбції Ленгмюра. Теорія БЕТ. Рівняння Фрейдліха, Ленгмюра. Осмотична теорія адсорбції (ОТА) - рівняння Кісарова.

#### ЗМ 1.2. Принципові схеми взаємодії двохфазних потоків

**Тема 4.** Матеріальний баланс. Побудова робочих ліній для різного типу установок, апаратів.

Поняття теоретичного ступеня. Поняття середньої рухомої сили процесу адсорбції, числа одиниць переносу (ЧОП), висоти одиниці переносу. Класифікація по взаємному направленню руху фаз.

**Тема 5.** Технологічна схема прямої адсорбційної установки очищення води порошкоподібним активним вугіллям і її розрахунок.

**Тема 6.** Технологічна схема установки очищення води з перехресним рухом води й активного вугілля, її розрахунок.

**Тема 7.** Технологічна схема установки очищення води з протиточним рухом води й активного вугілля, її розрахунок.

**Тема 8.** Періодичні та безперервні процеси підготовки води.

Адсорбери з протиточним рухом фаз і з нерухомим шаром.

**Тема 9.** Принцип розрахунку сорбційних апаратів з нерухомим шаром. Вплив внутрішньої і зовнішньої дифузії на масоперенос при адсорбції. Поняття сорбційного фронту. Закон Вікке. Вплив виду ізотерми на форму сорбційного фронту. Паралельний перенос. Умови паралельного переносу сорбційного фронту. Швидкість руху стаціонарного фронту. Довжина зони масопередачі.

**ЗМ 1.3 Масообмінні процеси водопідготовки; технологічні схеми та апарати, застосовувані для їх реалізації**

**Тема 10.** Апарати, застосовувані для газорідного масообміну.

Термічна деаерація. Особливості видалення з води різних газів фізичними методами.

**Тема 11.** Класифікація апаратів для адсорбційного очищення води.

Характеристика псевдорозрідженого шару (ПОШ). Порізність при псевдорозрідженні. Критична швидкість псевдорозрідження. Структура ПОШ у газовому і водному потоках. Секційні апарати з псевдорозрідженим шаром. Адсорбційні установки безперервної дії з ПОШ адсорбенту. Розрахунок: визначення часу роботи апарата з ПОШ.

**Тема 12.** Мембранні процеси та апарати водопідготовки.

Основні механізми переносу речовини через мембрани. Поняття мембрани. Класифікація мембран: за природою, структурою, галуззю застосування. Напівпроникливі, проникливі мембрани. Кнудсенова дифузія. Коефіцієнт проникливості. Стаціонарний перенос компонента через непористу і

пористу мембрану. Селективність мембран. Відношення коефіцієнтів проникливості пари компонентів суміші. Осмос, зворотній осмос. Принципові схеми зворотньоосмотичних установок.

**Тема 13.** Зворотньоосмотичні мембранні апарати з плоскими та трубчастими мембранами, з мембранами у виді порожніх волокон.

Гіпотези, що пояснюють процес зворотного осмосу. Конструкції мембранних апаратів з рулонними фільтруючими елементами і з мембранами у виді порожніх волокон.

### 2.2.1. Розподіл часу за модулями і змістовими модулями

Розподіл часу за модулями і змістовими модулями наведений у табл. 2.4 та табл. 2.5.

Таблиця 2.4 - Розподіл часу за модулями і змістовими модулями для студентів денної форми навчання

Модулі (семестри) та змістові модулі	Всього, кредит/годин	Форми навчальної роботи			
		Лекц.	Сем., пр.	Лаб.	СРС
<b>Модуль 1. Масопередача</b>	3/108	36	18		54
ЗМ 1.1. Загальні відомості про масопередачу, масовіддачу, масообмін	1/36	8	6		22
ЗМ 1.2. Принципові схеми взаємодії двохфазних потоків	1/36	14	8		14
ЗМ 1.3. Масообмінні процеси водопідготовки; технологічні схеми та апарати, застосовувані для їх реалізації	1/36	14	4		18

Таблиця 2.5 - Розподіл часу за модулями і змістовими модулями для студентів заочної форми навчання

Модулі (семестри) та змістові модулі	Всього, кредит/годин	Форми навчальної роботи			
		Лекц.	Сем., пр.	Лаб.	СРС
<b>Модуль 1. Масопередача</b>	3/108	6	4	4	94
ЗМ 1.1. Загальні відомості про масопередачу, масовіддачу, масообмін	1/36	2	1	2	31
ЗМ 1.2. Принципові схеми взаємодії двохфазних потоків	1/36	2	2		32
ЗМ 1.3. Масообмінні процеси водопідготовки; технологічні схеми та апарати, застосовувані для їх реалізації	1/36	2	1	2	31

## 2.2.2. План лекційного курсу

Таблиця 2.6 – План лекційного курсу з навчальної дисципліни

№	Зміст	Кількість годин	
		6.092600 - ВВ	
		Денне навчання	Заочне навчання
<b>ЗМ 1.1.</b> Загальні відомості про масопередачу, масовіддачу, масообмін.			
1.	Визначення, сутність та закономірності протікання процесів масопередачі, масовіддачі, масообміну.	3	1
2.	Класифікація масообмінних процесів водопідготовки. Основні рівняння масопередачі Коефіцієнти масопередачі, масовіддачі, масообміну.	3	
3.	Рівновага між фазами. Будування ліній рівноваги. Види ізотерм.	2	1
<b>ЗМ 1.2.</b> Принципові схеми взаємодії двохфазних потоків.			
4.	Матеріальний баланс. Побудова робочих ліній для різного типу установок, апаратів. Класифікація по взаємному направленню рухання фаз.	4	1
5.	Технологічна схема прямоочної адсорбційної установки очищення води ПАВ.	1	
6.	Технологічна схема очищення води з перехрестним рухом води й ПАВ.	2	
7.	Технологічна схема очищення води з протиточним рухом води й ПАВ.	2	
8.	Періодичні та безперервні процеси підготовки води.	2	1
9.	Принцип розрахунку сорбційних апаратів з нерухомим шаром	3	
<b>ЗМ 1.3.</b> Масообмінні процеси водопідготовки; технологічні схеми та апарати, застосовувані для їх реалізації.			
10.	Апарати, застосовувані для газорідного масообміну. Термічна деаерація. Особливості видалення з води різних газів фізичними методами.	4	1
11.	Класифікація апаратів для адсорбційного очищення води. Адсорбери з псевдорозрідженим шаром активного вугілля –одно і багатосекційні. Розрахунок.	3	
12.	Мембранні процеси та апарати водопідготовки. Осмос, зворотній осмос. Принципові схеми зворотньоосмотичних установок.	3	1
13.	Зворотньоосмотичні мембранні апарати з плоскими та трубчастими мембранами, з мембранами у виді порожніх волокон.	4	

### 2.2.3. План практичних (семінарських) занять

План практичних (семінарських) занять для студентів денної та заочної форм навчання наведений у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - План практичних (семінарських) занять

№	Зміст	Кількість годин	
		6.092600 - ВВ	
		Денне навчання	Заочне навчання
<b>Модуль 1. Масопередача</b>		<b>18</b>	<b>4</b>
<b>ЗМ 1.1</b> Загальні відомості про масопередачу, масовіддачу, масообмін.		<b>6</b>	<b>1</b>
1.	Складання рівнянь матеріальних балансів масообмінних процесів підготовки води.	2	1
2.	Рівновага між фазами. Будування ліній рівноваги та робочих ліній масообмінних процесів.	3,5	
3.	Поточний контроль (тестування) зі ЗМ 1.1	0,5	-
<b>ЗМ 1.2.</b> Принципові схеми взаємодії двохфазних потоків.		<b>8</b>	<b>2</b>
4.	Технологічна схема прямої адсорбційної установки очищення води порошкоподібним активним вугіллям.	2	1
5.	Технологічна схема установки очищення води з перехресним рухом води і активного вугілля.	2	
6.	Технологічна схема установки очищення води з рухом води і активного вугілля у протилежному напрямку.	2	1
7.	Визначення кількості АВ для різних адсорбційних установок.	1	
8.	Поточний контроль (тестування) зі ЗМ 1.2	1	-
<b>ЗМ 1.3.</b> Масообмінні процеси водопідготовки; технологічні схеми та апарати, застосовувані для їх реалізації.		<b>4</b>	<b>1</b>
9.	Розрахунок апарату зі щільним нерухомим шаром адсорбенту. Визначення динамічних параметрів процесу адсорбції.	2	1
10.	Визначення динамічних параметрів процесу адсорбції: довжини робочої зони; швидкості руху сорбційного фронту, коефіцієнту захисної дії шару.	1	
11.	Розрахунок секційного апарату з псевдооживленим шаром. Визначення кількості секцій. Застосування ізотерми та робочої лінії для розрахунку апарату.	0,5	
12.	Поточний контроль (тестування) зі ЗМ 1.3	0,5	-

## 2.2.4. План лабораторних робіт

План лабораторних робіт для студентів заочної форм навчання наведений у табл. 2.8.

Таблиця 2.8 - План лабораторних робіт

№	Зміст	Кількість годин	
		6.092600 - ВВ	
		Денне навчання	Заочне навчання
<b>Модуль 1. Масопередача</b>		-	4
<b>ЗМ 1.1 Загальні відомості про масопередачу, масовіддачу, масообмін.</b>		-	2
1.	Лабораторна робота №1. Дослідження процесу адсорбції органічних речовин зі стічних вод. Вивчення сорбційних властивостей різних адсорбентів та побудова ізотерм адсорбції.	-	2
<b>ЗМ 1.3. Масообмінні процеси водопідготовки; технологічні схеми та апарати, застосовувані для їх реалізації.</b>		-	2
6.	Лабораторна робота № 2 Визначення часу захисної дії сорбційного фільтру та визначення коефіцієнту масопередачі	-	2

## 2.2.5. Індивідуальні завдання: РГЗ

Програмою дисципліни передбачено виконання індивідуального завдання:

- для студентів денної форми навчання – розрахунково-графічна робота;
- для студентів заочної форми навчання – розрахунково-графічна робота.

Мета виконання розрахунково-графічної роботи – оволодіння практичними навиками розрахунків адсорбційних технологічних установок з різним рухом фаз та вибір оптимальної схеми адсорбційного очищення води.

У процесі виконання розрахунково-графічного завдання студенти закріплюють одержані теоретичні знання в частині складання матеріальних балансів, будування ліній рівноваги та робочих ліній масообмінних процесів,

розрахунку різних схем адсорбційного очищення воді, опановують навички роботи з науково-технічною, довідковою літературою та ПЕОМ.

Розрахунково-графічна робота вважається зарахованою, якщо студент виконав розрахунок за індивідуальним завданням в повному обсязі, побудував графіки та отримав відповідний результат. Зарахована розрахунково-графічна робота є допуском до екзамену, або заліку.

Приблизний обсяг розрахунково-пояснювальної записки – 15 сторінок.

### **2.3. Самостійна робота студентів**

Для опанування матеріалу дисципліни "Масопередача" окрім лекційних, практичних (семінарських) занять та лабораторних робіт, тобто аудиторної роботи, значну увагу необхідно приділяти самостійній роботі.

Основні види самостійної роботи студента:

1. Вивчення додаткової літератури.
2. Робота з довідковими матеріалами.
3. Підготовка до практичних (семінарських) занять.
4. Підготовка до лабораторних робіт.
5. Підготовка до поточного й підсумкового контролю.
6. Виконання ІНДЗ (РГЗ).

### **2.4. Засоби контролю та структура залікового кредиту**

Система оцінювання знань, вмінь і навичок студентів передбачає оцінювання всіх форм вивчення дисципліни.

Перевірку й оцінювання знань студентів викладач проводить в наступних формах:

1. Оцінювання роботи студентів у процесі практичних (семінарських) занять.
2. Оцінювання виконання індивідуального завдання (РГР).
3. Оцінювання виконання лабораторних робіт.
4. Оцінювання засвоєння питань для самостійного вивчення.

5. Проведення поточного контролю.

6. Проведення підсумкового письмового іспиту або заліку.

Засоби контролю та структура залікового кредиту для студентів денної і заочної форм навчання наведені в табл. 2.9 – 2.12.

Таблиця 2.9 - Засоби контролю та структура залікового кредиту для студентів денної форми навчання (0926)

<b>Види та засоби контролю (тестування, контрольні роботи, індивідуальні роботи тощо)</b>	<b>Розподіл балів, %</b>
<b>МОДУЛЬ 1. Поточний контроль зі змістових модулів</b>	
ЗМ 1.1. – тестування або контрольна робота	10
ЗМ 1.2. – тестування або контрольна робота	20
ЗМ 1.3. – тестування або контрольна робота	20
<b>Розрахунково-графічна робота</b>	10
<b>Підсумковий контроль з МОДУЛЮ 1</b>	
Екзамен у письмовій формі	40
Всього за модулем 1	100 %

Таблиця 2.10 - Засоби контролю та структура залікового кредиту для студентів денної форми навчання (6.060103)

<b>Види та засоби контролю (тестування, контрольні роботи, індивідуальні роботи тощо)</b>	<b>Розподіл балів, %</b>
<b>МОДУЛЬ 1. Поточний контроль зі змістових модулів</b>	
ЗМ 1.1. – тестування або контрольна робота	20
ЗМ 1.2. – тестування або контрольна робота	30
ЗМ 1.3. – тестування або контрольна робота	30
<b>Розрахунково-графічна робота</b>	20
<b>Підсумковий контроль з МОДУЛЮ 1</b>	
Залік у письмовій формі	
<b>1) Залік за результатом поточного контролю, якщо студент набрав більш ніж 50% балів за виконанні завдання з проведених тестів та РГЗ.</b>	
<b>2) залік за результатом підсумкового тестування</b>	
Всього за модулем 1	100 %

Таблиця 2.11 - Засоби контролю та структура залікового кредиту для студентів заочної форми навчання (0926)

<b>Види та засоби контролю (тестування, контрольні роботи, індивідуальні роботи тощо)</b>	
<b>МОДУЛЬ 1. Поточний контроль зі змістових модулів</b>	
Лабораторні роботи	
Розрахунково-графічна робота	
<b>Підсумковий контроль з МОДУЛЮ 1</b>	
Екзамен у письмовій формі	

Таблиця 2.12 - Засоби контролю та структура залікового кредиту для студентів заочної форми навчання (6.060103)

<b>Види та засоби контролю (тестування, контрольні роботи, індивідуальні роботи тощо)</b>	
<b>МОДУЛЬ 1. Поточний контроль зі змістових модулів</b>	
Лабораторні роботи	
Розрахунково-графічна робота	
<b>Підсумковий контроль з МОДУЛЮ 1</b>	
Залік	

### **Порядок поточного оцінювання знань студентів денної форми навчання**

Поточне оцінювання здійснюють під час проведення практичних (семінарських) занять і має на меті перевірку рівня підготовленості студента до виконання конкретної роботи. Об'єктами поточного контролю є:

- 1) активність і результативність роботи студента протягом семестру над вивченням програмного матеріалу дисципліни; відвідування занять;
- 2) виконання індивідуального навчально-дослідного завдання (РГЗ);
- 3) виконання завдань на практичних заняттях;
- 4) виконання поточного контролю.

Оцінку "відмінно" ставлять за умови відповідності виконаного завдання студентом або його усної відповіді за усіма чотирма зазначеними критеріями. Відсутність тієї чи іншої складової знижує оцінку.

### **Контроль систематичного виконання практичних (семінарських) занять і самостійної роботи**

Оцінювання проводять за такими критеріями:

- 1) розуміння, ступінь засвоєння теорії і методології проблем, що розглядаються;
- 2) ступінь засвоєння матеріалу дисципліни;
- 3) ознайомлення з рекомендованою літературою, а також із сучасною літературою з питань, що розглядають;
- 4) уміння поєднувати теорію з практикою при розгляді виробничих ситуацій, вирішенні завдань, проведенні розрахунків при виконанні завдань,

винесених для самостійного опрацювання, і завдань, винесених на розгляд в аудиторії;

За успішне виконання та захист РГЗ студент отримує оцінку «відмінно» або 10 % (20%) за поточний контроль, яку враховують у відповідній сумі балів за кожний окремий змістовий модуль (табл. 2.9, 2.10).

Контроль виконання поставлених задач при проведенні практичних занять здійснюється протягом 5-го семестру. За успішне та систематичне виконання поставлених завдань протягом трьох змістових модулів студент отримує оцінку «відмінно» або по 10%, 20%, 20% (20%, 30%, 30%) за поточний контроль, якщо студент виконує поставлені завдання з відсутністю окремих розрахунків, які пояснюють вирішення завдання, то він отримує оцінку «добре» або по 8%, 15 % (15%, 24%) за поточний контроль, які враховують у відповідній сумі балів за кожний окремий змістовий модуль (табл. 2.9, 2.10).

Самостійна робота студентів контролюється протягом семестру. При оцінюванні практичних завдань і самостійної роботи увагу приділяють також їх якості і самостійності, своєчасності здачі виконаних завдань викладачу (згідно з графіком навчального процесу). Якщо якась із вимог не буде виконана, то оцінка буде знижена.

### **Проведення поточного контролю**

Поточний контроль (тестування) здійснюється та оцінюється за питаннями, які винесено на лекційні заняття, самостійну роботу і практичні завдання. Поточний контроль проводять у письмовій формі після того, як розглянуто увесь теоретичний матеріал і виконані практичні (семінарські), самостійні завдання в межах кожної теми змістового модуля. За кожним змістовим модулем проводиться поточне тестування (табл. 2.9, 2.10) і кожному студентові виставляється відповідна оцінка за отриманою кількістю балів.

## **Проведення підсумкового контролю з Модулю 1.**

**Для студентів напряму підготовки 0926 – «Водні ресурси» - екзамен**

Умовою допуску до екзамену є:

- сума накопичення балів за трьома змістовими модулями і балами за РГР, яка повинна бути не менша, ніж 51% балів з поточного контролю (за внутрішнім вузівським рейтингом або системою ESTC) або наявність позитивних оцінок з поточного модульного контролю (за національною системою);

- обов'язковий захист РГР з отриманням позитивної оцінки.

Екзамен здійснюють у письмовій формі за екзаменаційними білетами. Екзаменаційний білет складається з 2 питань з теоретичного матеріалу, та 1 практичного завдання (вирішення задачі), за кожну повну та правильну відповідь з теоретичного матеріалу студент отримує 15 %, а за вирішення задачі – 10 %. Загальна сума балів - 40 % (табл. 2.9).

Підсумкову оцінку з дисципліни виставляють в національній системі оцінювання результатів навчання і в системі ECTS згідно з методикою переведення показників успішності знань студентів Академії в систему оцінювання за шкалою ECTS (табл. 2.13).

**Для студентів напряму підготовки 6.060103 – «Гідротехніка  
(Водні ресурси)» - залік.**

**Підсумковий контроль за модулем I - у формі заліку.** Умовою заліку є:

- сума накопичення балів за трьома змістовими модулями і балами за РГР, яка повинна бути не менша, ніж 51% балів з поточного контролю (за внутрішнім вузівським рейтингом або системою ESTC);
- обов'язковий захист РГР з отриманням позитивної оцінки. РГР є складовою підсумкового тестування.

*Залік за результатом поточного контролю*, якщо студент набрав більш ніж 51 % за виконанні завдання з проведених тестів та РГР.

*Залік за результатом підсумкового тестування*, якщо загальна сума балів складає менш ніж 50% з поточного тестування.

Залік проводять у письмовій формі. Загальна тривалість заліку – 1,5 години. До складання заліку допускаються студенти, які мають незадовільну кількість балів із складених тестів з основних навчальних елементів: змістових модулів, написання РГР та інших завдань передбачених програмою дисципліни. Також студенти які набрали більш ніж 50% за виконанні завдання з проведених тестів та РГР, але бажають покращити свої результати.

Підсумкове тестування складається з 10 тестів та оцінюється у 80 балів. Одна правильна відповідь на кожен з тестів дорівнює 8 балів. Тестове завдання містить запитання першого, другого і третього змістових модулів.

Підсумкову оцінку з дисципліни виставляють в національній системі оцінювання результатів навчання і в системі ECTS згідно з методикою переведення показників успішності знань студентів Академії в систему оцінювання за шкалою ECTS (табл. 2.13).

Таблиця 2.13 - Шкала перерахунку оцінок результатів навчання в різних системах оцінювання

Система оцінювання	Шкала оцінювання						
	100-91		90-71		70-51		50-0
Внутрішній вузівський рейтинг, %	100-91		90-71		70-51		50-0
Національна 4-бальна і в системі ECTS	5 <i>відмінно</i> <i>A</i>		4 <i>добре</i> <i>B, C</i>		3 <i>задовільно</i> <i>D, E</i>		2 <i>незадовільно</i> <i>FX, F</i>
Внутрішній вузівський рейтинг у системі ECTS, %	100-91	90-81	80-71	70-61	60-51	50-26	25-0
Національна 7-бальна і в системі ECTS	<i>відмінно</i> <i>A</i>	<i>дуже добре</i> <i>B</i>	<i>добре</i> <i>C</i>	<i>задовільно</i> <i>D</i>	<i>достатньо</i> <i>E</i>	<i>незадовільно*</i> <i>FX*</i>	<i>незадовільно</i> <i>F**</i>
ECTS, % студентів	<i>A</i> <i>10</i>	<i>B</i> <i>25</i>	<i>C</i> <i>30</i>	<i>D</i> <i>25</i>	<i>E</i> <i>10</i>	<i>FX*</i>	<i>F**</i>
	<i>не враховується</i>						

\* з можливістю повторного складання.

\*\* з обов'язковим повторним курсом

**Для студентів заочної форми навчання** передбачені наступні види контролю засвоєних знань:

- студенти виконують лабораторні роботи, надають журнал лабораторних робіт та захищають кожну лабораторну роботу. Лабораторні роботи є допуском до екзамену, заліку (підсумковий контроль) (табл. 2.11, 2.12);

- студенти виконують та захищають РГР, яка є допуском до екзамену, заліку (підсумковий контроль) (табл. 2.11, 2.12).

### **Проведення підсумкового контролю з Модулю 1**

#### **Для студентів напряму підготовки 0926 – «Водні ресурси» - екзамен**

Екзамен здійснюють у письмовій формі за екзаменаційними білетами. Екзаменаційний білет складається з 2 питань з теоретичного матеріалу, та 1 практичного завдання (вирішення задачі), за кожну правильну відповідь студент отримує оцінку відповідно до кваліфікаційних вимог до бакалаврів за спеціальністю 6.092600 - "Водопостачання та водовідведення".

Підсумкову оцінку з дисципліни виставляють в національній системі оцінювання результатів навчання:

**Оцінка «відмінно»** - Студент грамотно, логічно і повно дав відповіді на всі екзаменаційні запитання. Охайно оформив екзаменаційні матеріали. Текстова частина відповіді доповнена потрібним графічним матеріалом. У відповідях студент показав знання додаткової літератури.

**Оцінка «добре»** - Студент грамотно і по суті дав відповіді на теоретичні запитання екзаменаційного білету, не допускаючи при цьому суттєвих неточностей, вміло використовує знання при розв'язанні практичних завдань і запитань. Екзаменаційні матеріали оформлені охайно, текстова частина доповнена графічним матеріалом (при необхідності).

**Оцінка «задовільно»** - Студент показав знання основного матеріалу, але не вказав його деталей, особливостей, технологічних обмежень. У відповідях він допускає неточності. Студент порушує послідовність викладу відповіді. Відсутні графічні пояснення. Відмічена неохайність в оформленні екзаменаційних відповідей.

**Оцінка «незадовільно»** - Студент не дав відповіді на значну частину програмного матеріалу. У відповідях допущені значні помилки. Матеріали екзаменаційних відповідей неохайно оформлені.

**Для студентів напряму підготовки 6.060103 – «Гідротехніка (Водні ресурси)» - залік.**

Викладач оцінює роботу студента - «зараховано», якщо студент виконав у повному обсязі РГЗ, надав журнал лабораторних робіт та захистив кожен лабораторну роботу.

## 2.5. Інформаційно-методичне забезпечення

Таблиця 2.14 - Інформаційно-методичне забезпечення

Бібліографічні описи, Інтернет адреси		ЗМ, де застосовується
<b>1. Рекомендована основна навчальна література</b>		
1	Общий курс процессов и аппаратов химической технологии Учебник./ Айнштейн В.Г, Захаров М.К. и др. – М.: Универ книга; Логос, 2006. – 872 с.	ЗМ 1.1, ЗМ 1.2,
2	Процессы и аппараты химической технологии. Учебник / Ю.Т. Дытнерский. В 2-х книгах – М. "Химия", 1995 – 608 с.	ЗМ 1.1, ЗМ 1.3.
3	Процессы и аппараты химической технологии. Учебник. В 2-х частях. / Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, А.П. ГОТЛИНСКАЯ. – Харьков: НТУ. «ХПИ». 2005 – 532 с.	ЗМ 1.1, ЗМ 1.2, ЗМ 1.3.
<b>2. Додаткові джерела</b>		
1	Массообменные процессы химической технологии (системы с дисперсной твердой фазой) / П.Г. Романков, В. Ф. Фролов. - Л.: Химия, 1990. - 384 с.	ЗМ 1.1, ЗМ 1.2.
2	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973.– 752 с.	1.1, ЗМ 1.3.
3	Когановский А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. – К.: Наук. думка, 1983. – 240 с.	ЗМ 1.1, ЗМ 1.2.
4	Корольков Н.М. Массообменные процессы химической технологии. Жидкостная сорбция. Рига: Лиесма, 1970. – 247с.	ЗМ 1.1, ЗМ 1.2.
<b>3. Методичне забезпечення</b>		
1	Методичні вказівки самостійного вивчення дисципліни «Масопередача» та виконання розрахунково-графічної роботи –Укл.: Ткачов В.О., Чуб І.М. - Харків: ХНАМГ, 2009. - 39 с.	ЗМ 1.1, ЗМ 1.2, ЗМ 1.3.
2	Методичні вказівки до практичних занять та виконання лабораторних робіт з дисципліни «Масопередача» – Укл.: Ткачов В.О., Чуб І.М. - Харків: ХНАМГ, 2009.- 50 с.	ЗМ 1.1, ЗМ 1.2, ЗМ 1.3.
<b>4. Internet ресурси</b>		
1	Цифровий репозиторій ХНАМГ // <a href="http://www.ksame.ua">www.ksame.ua</a>	ЗМ 1.1, ЗМ 1.2, ЗМ 1.3.

## Навчальне видання

Програма та робоча програма навчальної дисципліни «Масопередача»  
(для студентів 3-4 курсів денної і заочної форм навчання освітньо-  
кваліфікаційного рівня бакалавр, напрямів підготовки 0926 – «Водні ресурси»,  
6.060103 – «Гідротехніка (Водні ресурси)»)

Укладачі: В'ячеслав Олександрович Ткачов,  
Ірина Миколаївна Чуб

План 2009, поз. 111 Р

---

Підп. до друку 19.11.2009	Формат 60 x 84 1/16	Папір офісний
Друк на різнографі.	Умовн.-друк. арк. 1,2	Обл.-вид. арк. 1,5
Замовл. № 5685	Тираж 10 прим.	

---

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ

61002, Харків, вул. Революції, 12

---