

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Кафедра технологій та дизайну виробів з деревини**

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Директор ННІ Лісового і  
садово-паркового  
господарства



Лакида П. І.

“ ” 2023  
р.

**“СХВАЛЕНО”**

на засіданні кафедри  
технологій та дизайну  
виробів з деревини

Протокол № 19, від 03.04.2023 р.

Завідувач кафедри

О.О.Пінчевська

**“РОЗГЛЯНУТО”**

Гарант ОНП «Деревообробні  
та меблеві технології»

Ю.В.Цапко

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«Наукові основи процесів масопереносу деревини та деревинних матеріалів»**

спеціальність 187 «Деревообробні та меблеві технології»

освітня програма «Деревообробні та меблеві технології»

Факультет(ННІ) ННІ Лісового і садово-паркового господарства

Розробники: д.т.н., проф. Цапко Ю.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Київ – 2023 р.

## 1. Опис навчальної дисципліни

### «Наукові основи процесів масопереносу деревини та деревинних матеріалів»

<b>Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень</b>		
Галузь знань	18 «Виробництво та технології»	
Напрямок підготовки		
Спеціальність	187 «Деревообробні та меблеві технології» <small>(шифр і назва)</small>	
Освітньо-науковий рівень	третій - Доктор філософії	
<b>Характеристика навчальної дисципліни</b>		
Вид	Вибіркова	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота) <small>(якщо є в робочому навчальному плані)</small>	_____ <small>(назва)</small>	
Форма контролю	залік	
<b>Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання</b>		
	денна форма навчання	заочна форма навчання (скорочений термін)
Рік підготовки	2	
Семестр	1	
Лекційні заняття	20	
Практичні, семінарські заняття	20	
Лабораторні заняття		
Самостійна робота	110	
Індивідуальні завдання	-	
Курсовий проект		
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних	4	
самостійної роботи студента	6	

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою вивчення дисципліни є** засвоєння студентами основ теорії процесів масообміну, основних законів та фізичної суті цих процесів, а також методів розрахунку процесів масообміну, організації технологічних процесів на дільницях обробки деревини, впровадження раціональних методів і заходів, що спрямовані на підвищення якості товарів з деревини.

**Завдання:**

- 1) вивчення фізико-хімічних властивостей деревини;
- 2) вивчення технологічні аспектів режимів обробки деревини і деревних матеріалів;

### **Набуття компетентностей:**

**інтегральна компетентність (ІК):** Здатність розв'язувати складні наукові задачі та проблеми, включно з прийняттям рішень щодо відбору даних та вибору методів досліджень механічного оброблення деревини, ресурсоощадних та екологічнобезпечних технологій в умовах стохастичних збурень на технологічні процеси та шляхів створення ефективних виробничих систем

**загальні компетентності (ЗК):** ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК03. Здатність працювати в міжнародному контексті. ЗК04. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

**фахові (спеціальні) компетентності (ФК):** ФК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у в області деревинознавства, технологій деревообробки, виготовлення меблів та виробів з деревини та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках та суміжних галузей. ФК04. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в галузі деревообробних та меблевих технологій та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації.

(інформація доступна в освітній програмі)

**Програмні результати навчання (ПРН):** ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання в області деревинознавства, технологій деревообробки, виготовлення меблів та виробів з деревини і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій. ПРН05. Глибоко розуміти загальні принципи та методи технічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері деревообробки та у викладацькій практиці.

(інформація доступна в освітній програмі)

### **В результаті вивчення дисципліни студент повинен знати:**

- основні тенденції розвитку науки про процеси масообміну;
- бібліографії основної технічної літератури з дисципліни (підручники, довідники, монографії та ін.);
- основні фізичні закономірності явищ масообміну;
- основ математичних методів розв'язання задач масообміну; методів математичного і фізичного моделювання теплофізичних процесів;
- основ методики проведення експериментальних досліджень процесів теплообміну та обробки їх результатів;
- методів впливу на характер протікання і інтенсивність процесів теплообміну, а також методів інтенсифікації процесу масопередачі.

### **вміти:**

- самостійно використовувати на практиці основні закони і методи теорії масообміну;

- працювати з науково-технічною, нормативною, довідковою літературою, бібліографічними джерелами за тематикою дисципліни;
- застосовувати аналітичний, графо-аналітичний і чисельний методи, а також методи теорії подібності у розрахунках масообмінних процесів.
- оцінювати відповідність результатів розрахунку процесів перенесення маси фізичній суті цих процесів.
- виконувати розрахунки масообмінних процесів та оцінювати їх ефективність.

**Програма навчальної дисципліни  
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ І.  
Масоперенос. Поняття теорії масообміну**

Тема 1. Основні поняття теорії масообміну. Способи перенесення маси. Кількісні характеристики перенесення маси. Класифікація масообмінних процесів. Стаціонарний і нестаціонарний масообмін. Особливості побудови матеріального балансу. Фазова рівновага. Закон Фіка. Рівняння матеріального балансу. Рушійна сила процесів масопереносу. Залежність коефіцієнта концентрації від температури.

Тема 2. Молекулярна та турбулентна дифузія. Коефіцієнти молекулярної та турбулентної дифузії. Конвективний перенос. Швидкість дифузії. Градієнт концентрації. Розподіл концентрації у фазах процесу масо переносу. Зміна концентрації за часом та у просторі.

Тема 3. Диференційне рівняння дифузії. Диференційне рівняння молекулярної дифузії у нерухомому середовищі. Модель дифузійного пограничного шару. Модель відновлення поверхні фазового контакт у. Критеріальне рівняння масовіддачі. Основні критерії подібності процесів переносу маси.

**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ ІІ.**

**Аналіз процесів масопереносу для деревини.**

Тема 4. Основи чисельного моделювання процесу масообміну. Диференційне рівняння масообміну у нерухомому середовищі. Основні чисельні методи розв'язання диференційного рівняння. Коефіцієнт дифузії.

Тема 5. Особливості масо переносу у пористому середовищі. Рівняння масо передачі. Рушійна сила процесів масо передачі у деревині. Одиниці переносу. Масопровідність. Коефіцієнт масо провідності.

Тема 6. Особливості моделювання сорбційних процесів. Рівновага між фазами при сорбції. Особливості рівняння матеріального балансу для деревині. Швидкість процесу сорбції. Чисельні розрахунки масо переносу.

Тема 7. Основні масообмінні процеси деревообробки. Класифікація основних масообмінних процесів деревообробки. Характеристика масообмінних процесів під час сушіння і просочування деревини. Процеси масообміну під дією змінних тепловологісних полів при експлуатації. Процеси масопереносу при склеюванні деревини, оздоблення виробів з деревини та захисті деревини покриттями.

**Структура навчальної дисципліни**  
**«Наукові основи процесів масопереносу деревини та деревинних матеріалів»**  
**спеціальність 187 «Деревообробні та меблеві технології»**

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
<b>Змістовий модуль I. Масоперенос. Поняття теорії масообміну .</b>						
Тема 1. Основні поняття теорії масообміну. Способи перенесення маси. Кількісні характеристики перенесення маси. Класифікація масообмінних процесів. Стаціонарний і нестаціонарний масообмін. Особливості побудови матеріального балансу. Фазова рівновага. Закон Фіка. Рівняння матеріального балансу. Рушійна сила процесів масопереносу. Залежність коефіцієнта концентрації від температури.	36	2				30
Тема 2. Молекулярна та турбулентна дифузія. Коефіцієнти молекулярної та турбулентної дифузії. Конвективний перенос. Швидкість дифузії. Градієнт концентрації. Розподіл концентрації у фазах процесу масо переносу. Зміна концентрації за часом та у просторі.	36	2	4			30
Тема 3. Диференційне рівняння дифузії. Диференційне рівняння молекулярної дифузії у нерухомому середовищі. Модель дифузійного пограничного шару. Модель відновлення поверхні фазового контакт у. Критеріальне рівняння масовіддачі. Основні критерії подібності процесів переносу маси.	8	4	4			
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>80</b>	<b>8</b>	<b>12</b>			<b>60</b>
<b>Змістовий модуль II Аналіз процесів масопереносу для деревини.</b>						
Тема 4. Основи чисельного моделювання процесу масообміну. Диференційне рівняння масообміну у нерухомому середовищі. Основні чисельні методи розв'язання диференційного рівняння. Коефіцієнт дифузії.	16	2	4			10

Тема 5. Особливості масо переносу у пористому середовищі. Рівняння масо передачі. Рушійна сила процесів масо передачі у деревині. Одиниці переносу. Масопровідність. Коефіцієнт масо провідності.	14	4				10
Тема 6. Особливості моделювання сорбційних процесів. Рівновага між фазами при сорбції. Особливості рівняння матеріального балансу для деревині. Швидкість процесу сорбції. Чисельні розрахунки масо переносу.	14	4				10
Тема 7. Основні масообмінні процеси деревообробки. Класифікація основних масообмінних процесів деревообробки. Характеристика масообмінних процесів під час сушіння деревини і просочування. Процеси масообміну під дією змінних тепловологісних полів при експлуатації. Процеси масопереносу при склеюванні деревини, оздоблення виробів з деревини та захисті деревини покриттями.	26	2		4		20
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>70</b>	<b>12</b>	<b>8</b>			<b>50</b>
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>20</b>	<b>20</b>			<b>110</b>

### 5. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Особливості розрахунку процесів масообміну.	4
2	Стаціонарний маообмін через багат шарову стінку	4
3	Диференційне рівняння молекулярної дифузії у нерухомому середовищі.	4
4	Визначення критеріїв подібності масопереносу.	4
5	Побудова математичних моделей масопереносу	4
	<b>Разом</b>	<b>20</b>

## 6. Теми самостійних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Самост. робота 1 Масообмін. Основні поняття і визначення. Способи перенесення маси.	20
2	Самост. робота 2 Стаціонарний масообмін. Конвекційний масообмін	10
3	Самост. робота 3. Застосування теорії подібностей та методу аналізу розмінностей масопереносу	30
4	Самост. робота 4. Класифікація основних масообмінних процесів деревообробки . Написання реферату.	50
	<b>Разом</b>	<b>110</b>

## 7. Методи навчання

Під час вивчення дисципліни викладач читає студентам лекції, ведуться бесіди під час семінарських занять. Висока ефективність навчання не можлива без широкого використання наочних методів. Зокрема застосовуються демонстрації та ілюстрації у вигляді презентацій чи спеціально відібраних зразків. Завершальним етапом вивчення, який закріплює всі набуті знання, є проведення лабораторних занять, написання реферативних і контрольних робіт.

## 8. Форми контролю

Поточний контроль (фронтальний, груповий, індивідуальний і комбінований), проміжна та підсумкова атестація

## 9. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль		Рейтинг 3 навчальної роботи 8-нр	Рейтинг 3 додаткової роботи Я др	Рейтинг штрафний К штр	Підсумкова атестація (екзамен чи залік)	Загальна кількість балів
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2					
0-100	0-100	0-70	0-20	0-5	0-30	0-100

**Примітки. 1.** Відповідно до «Положення про кредитно-модульну систему навчання в НУБіП України», затвердженого ректором університету 03.04.2009 р., рейтинг студента з навчальної роботи  $R_{нр}$  стосовно вивчення певної дисципліни визначається за формулою

$$R_{нр} = \frac{0,7 \cdot (R^{(1)}_{зм} \cdot K^{(1)}_{зм} + \dots + R^{(n)}_{зм} \cdot K^{(n)}_{зм})}{K_{дис}} + R_{др} - R_{штр},$$

де  $R^{(1)}_{зм}, \dots, R^{(n)}_{зм}$  - рейтингові оцінки змістових модулів за 100-бальною шкалою;

$n$  - кількість змістових модулів;

$K^{(1)}_{зм}, \dots, K^{(n)}_{зм}$  - кількість кредитів ECTS, передбачених робочим навчальним планом для відповідного змістового модуля;

$K_{дис} - K^{(1)}_{зм} + \dots + K^{(n)}_{зм}$  - кількість кредитів ECTS, передбачених робочим навчальним планом для дисципліни у поточному семестрі;

$R_{др}$  - рейтинг з додаткової роботи;

**R<sub>штр</sub>** - рейтинг штрафний.

Наведену формулу можна спростити, якщо прийняти  $K^{(1)}_{ЗМ} = \dots = K^{(n)}_{ЗМ}$ . Тоді вона буде мати вигляд

$$R_{НР} = \frac{0,7 \cdot (R^{(1)}_{ЗМ} + \dots + R^{(n)}_{ЗМ})}{n} + R_{ДР} - R_{ШТР}.$$

**Рейтинг з додаткової роботи R<sub>др</sub>** додається до **R<sub>нр</sub>** і не може перевищувати 20 балів. Він визначається лектором і надається студентам рішенням кафедри за виконання робіт, які не передбачені навчальним планом, але сприяють підвищенню рівня знань студентів з дисципліни.

**Рейтинг штрафний R<sub>штр</sub>** не перевищує 5 балів і віднімається від **R<sub>нр</sub>**. Він визначається лектором і вводиться рішенням кафедри для студентів, які матеріал змістового модуля засвоїли невчасно, не дотримувалися графіка роботи, пропускали заняття тощо.

2. Згідно із зазначеним Положенням **підготовка і захист курсового проекту (роботи)** оцінюється за 100 бальною шкалою і далі переводиться в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS.

Розрахунковий рейтинг з дисципліни становить 100 балів. Рейтинг з навчальної роботи - 70 балів, рейтинг з атестації - 30 балів

#### Рейтингові оцінки зі змістових модулів

Термін навчання (тижні)	Номер змістового модуля	Навчальне навантаження, год.	Кредити ECTS	Рейтингова оцінка змістового модуля	
				Мінімальна	Розрахункова
1-6	I	60	2,0	60	100
7-13	II	60	2,0	60	100
Всього	2	120	4,0	42	70

Рейтинг з додаткової роботи **R<sub>др</sub>** становить 20 балів.

Рейтинг штрафний **R<sub>штр</sub>** становить 5 балів.

$$R_{ДИС} = R_{НР} + 0,3R_{АТ}$$

$$R_{НР} = (0,7 (R_{1ЗМ} + R_{2ЗМ}) : 2 + R_{ДР} - R_{ШТР}$$

**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
82-89	<b>B</b>	добре	
74-81	<b>C</b>		
64-73	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 10. Рекомендована література

### Основна

1. Лабай В.Й. Тепломасообмін: Підручник для ВНЗ. – Львів: Тріада Плюс, 2004. – 260 с.
2. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник./ Айнштейн В.Г, Захаров М.К. и др. – М.: Университет книга; Логос, 2006. – 872 с.
3. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник / Ю.Т. Дытнерский. В 2-х книгах – М. "Химия", 1995 – 608 с.
4. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник. В 2-х частях. / Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, А.П. ГОТЛИНСКАЯ. – Харьков: НТУ. «ХПИ». 2005 – 532 с.

### Допоміжна

1. Массообменные процессы химической технологии (системы с дисперсной твердой фазой) / П.Г. Романков, В. Ф. Фролов. - Л.: Химия, 1990. - 384 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973.– 752 с.
3. Когановский А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. – К.: Наук. думка, 1983. – 240 с.
4. Корольков Н.М. Массообменные процессы химической технологии. Жидкостная сорбция. Рига: Лиесма, 1970. – 247с.
5. Осипова В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергия, 1979. – 320 с.
6. Тепломасообмен и гидродинамика турбулизованных потоков/ Дыбан Е.П., Эпик Э.Я. – Киев: Наук. думка, 1985. – 296 с.
7. Лыков А.В. Тепломасообмен. Справочник. – М.: Энергия, 1978. – 480 с.
8. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: Справочник/ Под общ. ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 512 с.