

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра технологій та дизайну виробів з деревини

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІ Лісового і
садово-паркового господарства



Лакида П.І.

06 2019 р.

РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО

на засіданні кафедри технологій
та дизайну виробів з деревини
Протокол № 14 від 10.06.2019 р.

Завідувач кафедри

 О.О. Пінчевська

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Теорія теплового оброблення деревини»

Спеціальність 187 «Деревообробні та меблеві технології»
ННІ лісового і садово-паркового господарства

Розробники: к.т.н., доц. Спірочкін А.К.

Київ – 2019 р.

1. Опис навчальної дисципліни
Теорія теплового оброблення деревини
(назва)

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Галузь знань	<u>18 Виробництво та технології</u> (шифр і назва)	
Напрямок підготовки		
Спеціальність	<u>187 «Деревообробні та меблеві технології»</u> (шифр і назва)	
Освітньо-кваліфікаційний рівень	<u>Магістр</u> (бакалавр, спеціаліст, магістр)	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова	
Загальна кількість годин	180	
Кількість кредитів ECTS	6,0	
Кількість змістових модулів	<u>2</u>	
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)		
Форма контролю	іспит	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	<u>1</u>	<u>1</u>
Семестр	<u>1</u>	<u>2</u>
Лекційні заняття	<u>30</u> год.	<u>8</u> год.
Практичні, семінарські заняття	<u>30</u> год.	<u>8</u> год.
Лабораторні заняття	-	-
Самостійна робота	<u>120</u> год.	164 год.
Навчальна практика	-	-
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних самостійної роботи студента –	<u>4</u> год. <u>8</u> год.	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

2.1. Місце і роль дисципліни у системі підготовки фахівців.

Вивчення дисципліни “ Теорія теплового оброблення деревини ” забезпечує професійну підготовку інженерів технологів в галузі виробництва пиломатеріалів, фанери, деревинностружкових та деревинноволокнистих плит для столярно-будівельних виробів, меблів, тари, домобудування.

2.2. Задачі вивчення дисципліни.

Задачами дисципліни є вивчення фізичних основ тепло-і масообміну; кінетичних закономірностей процесів конвекційного, кондуктивного і терморадіаційно – конвекційного нагрівання і сушіння деревини, деревинних матеріалів; конструкцій обладнання для теплової обробки і сушіння деревини і листових та дисперсних матеріалів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати**:

- термодинамічні властивості повітря і деревини, як об'єкта обробки;
- критерії подібності теплових процесів;
- фізичні основи конвекційного нагрівання і охолодження деревини і деревинних матеріалів;
- масообмінні процеси, їх характерні особливості;
- фізичні основи зовнішнього і внутрішнього тепло- і волого перенесення в деревині;
- конструкції теплотехнічного устаткування.

вміти:

- володіти професійними знаннями в області теорії тепло-масопереносу при різних теплових процесах;
- дати оцінку тепловому процесу;
- розрахувати теплотехнічне технологічне обладнання;
- спроектувати теплову технологічну установку для нагрівання і сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Теплообмінні процеси деревообробки

Предмет і задачі курсу.

Теплові процеси, їх характерні особливості. Рекомендована література та методики вивчення окремих розділів курсу.

Об'єм 1 год.

Тема 1. Теплофізичні властивості деревини.

Теплопровідність, температуропровідність.

Об'єм 3 год.

Тема 2. Конвекційний теплообмін. Диференційні рівняння конвекційного теплообміну.

Об'єм 4 год.

Тема 3. Основи теорії подібності, диференційне і критеріальне рівняння конвективного перенесення теплоти. Критерії подібності теплових процесів.

Об'єм 2 год.

Тема 4. Особливості теплової обробки деревини. Розрахункові температури при тепловій обробці деревини. Розрахунок нестационарної теплопровідності при конвекційному теплообміні циліндричних та плоских сортиментів. Охолодження та відтанення деревини.

Об'єм 6 год.

Тема 5. Технологія та обладнання теплової обробки деревини. Методика технологічного та теплового розрахунку устаткування для теплової обробки деревини.

Об'єм 4 год.

Змістовний модуль 2. Масообмінні процеси деревообробки

Тема 6. Масопередача. Класифікація масообмінних процесів. Абсорбція, екстракція, ректифікація, адсорбція і сушіння. Рушійна сила масообмінних процесів. Диференціальне та критеріальне рівняння конвективної дифузії.
Об'єм 4 год.

Тема 7. Тепло- і вологообмін в процесах сушіння при постійних режимах. Тепло- і волого перенос в процесах сушіння капілярнопористих колоїдних тіл. Кінетика процесу сушіння деревини при постійних режимах. Особливості механізму руху вологи в деревині в процесі сушіння. Вологопровідність. Визначення коефіцієнтів волого провідності.
Об'єм 6 год.

Тема 8. Аеродинаміка. Основні закони аеродинаміки. Рівняння гідростатики, закон збереження маси та енергії. Рівняння Бернуллі. Прилади для вимірювання руху рідини і газу.
Об'єм 4 год.

Тема 9. Термодеревина. Фізико-механічні властивості термодеревини. Режими термічної обробки деревини.
Об'єм 2 год.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1 Теплообмінні процеси деревообробки												
Вступ. Предмет та завдання дисципліни.	1	1	-	-	-	-	0,5	0,5	-	-	-	-
Тема 1. Теплофізичні властивості деревини. Теплопровідність, температуропровідність.	22	1	4		-	15	9	0,5	0,5	-	-	8
Тема 2. Конвекційний теплообмін. Диференціальні рівняння конвекційного теплообміну.	28	4			-	24	25.5	1	0,5	-	-	24
Тема 3. Основи теорії подібності, диференціальне і критеріальне рівняння конвективного перенесення теплоти. Критерії подібності теплових процесів.	2	2					6	2	4,0	-	-	-
Тема 4. Особливості теплової обробки деревини. Розрахунок нестационарної теплопровідності при конвекційному теплообміні циліндричних та плоских	36	6	6			24	60					60

сортиментів. Охолодження та відтанення деревини.												
Тема 5. Технологія та обладнання теплової обробки деревини. Методика технологічного та теплового розрахунку устаткування для теплової обробки деревини.	4	2										
Разом за змістовим модулем 1	89	16	10			63	101	4,0	5,0	-	-	92
Змістовий модуль 2 масообмінні процеси деревообробки												
Тема 6. Масопередача. Класифікація масообмінних процесів. Абсорбція, екстракція, ректифікація, адсорбція і сушіння. Рушійна сила масообмінних процесів. Диференціальне та критеріальне рівняння конвективної дифузії.	17	4	-		-	13	14			-	-	14
Тема 7.. Тепло- і волого перенос в процесах сушіння. Кінетика процесу сушіння деревини при постійних режимах. Особливості механізму руху вологи в деревині в процесі сушіння. Вологопровідність.	30	6	12		-	12	44	2,0	2-	-		40
Тема 8. Аеродинаміка. Основні закони аеродинаміки. Рівняння гідростатики, закон збереження маси та енергії. Рівняння Бернуллі.	32	2	8-		-	22	33	2,0	1,0	-	-	30
Тема 9. Термодеревина. Фізико-механічні властивості термодеревини. Режими термічної обробки деревини.	12	2				10						
Разом за змістовим модулем 2	91	14	20		-	57	91	4,0	3,0	-	-	84
Усього годин	180	30	30		-	120	180	8,0	8,0	-	-	164

6. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентів

Питання до іспиту з теорії теплової обробки деревини

1. Види теплової обробки. Використання. Характеристика теплових процесів
2. Теплообмінні процеси
3. Рушійна сила теплообмінних процесів
4. Поширення тепла в твердих тілах. Явище теплопровідності
5. Основний вид поширення тепла у рідинах та газах
6. Процес поширення тепла між стінкою та газоподібним середовищем
7. Процес переміщення тепла між рідинами або газами через поверхню, що їх розділяє
8. Передача тепла через однорідну та багат шарову стінку
9. Коефіцієнт теплопровідності та температуропровідності. Фізична суть. Розмірність
10. Закон розповсюдження тепла теплопровідністю (закон Фур'є)
11. Конвективний теплообмін
12. Диференційне рівняння теплопровідності
13. Критеріальне рішення диференційного рівняння тепло- провідності при граничних умовах 1 роду та 3 роду
14. Процес тепловіддачі в стаціонарних умовах (закон Ньютона)
15. Перенесення тепла конвекцією
16. Теплофізичні коефіцієнти
17. Температурне поле. Температурний градієнт. Рушійна сила теплових процесів
18. Теплопровідність при стаціонарному режимі. Теплопровідність одношарової стінки
19. Визначення температурних полів при конвекційному нагріванні сортиментів
20. Конвекційний теплообмін як складний процес конвекції та теплопровідності
21. Диференційне рівняння конвективного теплообміну. Умови однозначності та граничні умови.
22. Нагрівання деревини в газоподібному середовищі
23. Стаціонарні та нестаціонарні теплові процеси. Навести приклади
24. Основи теорії подібності
25. Подібність теплових процесів
26. Критерії подібності Фур'є та Біо.
27. Теорія подібності. Критерії теплової подібності
28. Класифікація масообмінних процесів.
29. Закономірності руху вологи під дією градієнта вологості
30. Технологія та обладнання для проварювання деревини
31. Технологія та обладнання для пропарювання деревини
32. Молекулярна дифузія
33. Закономірності руху вологи під дією градієнта температури
34. Конвективна дифузія.
35. Кінетика процесу сушіння
36. Коефіцієнт волого провідності
37. Термодерешина. Основні властивості. Технологія виробництва
38. Масопередача. Класифікація масообмінних процесів
39. Закономірності руху вологи під дією градієнта вологості
40. Кінетика процесу сушіння. Криві сушіння, швидкості сушіння та температурні криві
41. Кінетика сушіння деревини. Типові криві швидкості сушіння вологих матеріалів
42. Диференційне та критеріальне рівняння конвективної та молекулярної дифузії
43. Методика побудови кривої сушіння. Характеристика кривої сушіння.
44. Методика побудови кривої швидкості сушіння. Характеристика кривої швидкості сушіння
45. Вологопровідність деревини. Закон волого провідності. Коефіцієнт вологопровідності.
46. Вологообмін деревини з оточуючим середовищем. Коефіцієнт вологообміну.

47. Вологопровідність деревини. Залежність від властивостей деревини та середовища
48. Рівняння Бернуллі для ідеального газу
49. Основні закони аеродинаміки
50. Вентилятори. Типи вентиляторів. Застосування у деревообробному виробництві
51. Відцентрові та осьові вентилятори. Їх характеристики
52. Продуктивність вентиляторів. Методика визначення
53. Ламінарний та турбулентний режим руху рідини або газу.
54. Технологія та обладнання теплової обробки деревини. Проварювання, пропарювання.
55. Сушіння подрібненої деревини. Особливості. Обладнання..
56. Сушіння шпону . Технологія . Обладнання
57. Обладнання для сушіння листових матеріалів
58. Класифікація сушільних агрегатів для подрібненої деревини.
59. Аерофонтанні сушарки для подрібненої деревини
60. Обладнання для сушіння листових матеріалів

Тести

Питання 1. Напишіть формулу безрозмірної температури.

1. $\theta = (t_c - t)/(t_c - t_0)$; 2. $\theta = f(x/R; Fo; Bi)$; 3. $\theta = (w_k - w_p)/(w_n - w_p)$; 4. $\theta = f(x/R; Fo)$

Питання 2. Що таке крива швидкості сушіння?

1. Зменшення вологості матеріалу у часі; 2. Похідна від кривої сушіння; 3. Зменшення швидкості сушіння у часі; 4. Збільшення температури матеріалу.

Питання 3. Вкажіть складові обладнання для теплової обробки деревини

- | | |
|----------------------------|--|
| А. Теплове обладнання | 1. Конденсатори-відводчики; 2. Вентилятори; 3. Калорифери |
| Б. Циркуляційне обладнання | 4. Ежектори; 5. Форсунки; 6. Повітряпроводи; 7. Топки; 8. Припливно-витяжні канали |

Питання 4. Яку розмірність має коефіцієнт теплопровідності?

1. м/с; 2. г/м³; 3. ккал/г; 4. г/°С; 5. м²/с

Питання 5. Які фактори впливають на коефіцієнт вологопровідності деревини?

1. Температура; 2. Вологість; 3. Біологічні пошкодження; 4. Напрямок руху вологи; 5. Напружений стан

Питання 6. Явище конвекції не поширюється:

1. Процес передачі енергії у вигляді електромагнітних хвиль; 2. Обмін енергією шляхом переміщення частинок газу; 3. Перенесення енергії за рахунок дифузії атомів чи молекул
4. Обмін енергією шляхом безпосереднього стикання між частинками тіла

Питання 7. Запишіть формулу критерія Фур'є, $Fo =$

Питання 8. За якою формулою визначається інтенсивність потоку вологи під дією градієнта температури?

1. $i = -a^1 \rho_0 \delta t / dx$; 2. $i = -a^1 \rho_0 dt / dx$; 3. $i = -b(dp / dx)$; 4. $i = -k(du / dx)$

Питання 9. Що таке температурне поле?

1. Сукупність значень температури в даний проміжок часу; 2. Ізотермічна поверхня;
3. Розподіл значень температури; 4. Розподіл температури за об'ємом сортименту

Питання 10. Які з наведених сушарок застосовуються для сушіння подрібненої деревини?

1. Барабанна сушарка «Шильде»; 2. Сушарка СПЛК -2; 3. Сушарка фірми «Рауте»
4. Аерофонтанна сушарка

Питання 11. Напишіть формулу безрозмірної вологості.

1. $\theta = (t_c - t)/(t_c - t_0)$; 2. $\theta = f(x/R; Fo; Bi)$; 3. $\theta = (w_k - w_p)/(w_n - w_p)$; 4. $\theta = f(x/R; Fo)$

Питання 12. Рушійна сила теплообмінних процесів це:

1. Температура тіла; 2. Різниця концентрацій густини тіл; 3. Різниця температур тіл;
4. Спрямування до рівноважного стану; 5. Різниця тисків

Питання 13. З якою метою проводяться наступні технологічні операції?

- | | |
|-----------------------------|---|
| А. Теплова обробка деревини | 1. Підвищення міцності; 2. Зменшення маси; 3. Запобігання гниттю; 4. Збільшення еластичності перед гнуттям; |
| Б. Сушіння деревини | 5. Підвищення якості різання; 6. Прискорення процесів склеювання; 7. Попередження зміни форми та розмірів деталей; 8. Консервування; 9. Вогнезахист |
| В. Просочування деревини | 10. Покращення склеювання та оздоблення |

Питання 14. Яку розмірність має коефіцієнт вологопровідності?

1. м/с; 2. г/м³; 3. ккал/г; 4. г /⁰С; 5. м²/с

Питання 15. Які фактори впливають на коефіцієнт теплопровідності деревини?

1. Щільність речовини; 2. Структура речовини; 3. Вологість речовини; 4. Температура речовини; 5. Швидкість руху речовини

Питання 16. Як змінюється термін прогрівання деревини у газоподібному середовищі при зменшенні ступеня насиченості агента обробки?

1. Збільшується; 2. Деревину неможливо прогріти; 3. Зменшується; 4. Деревина прогрівається миттєво

Питання 17. Запишіть формулу критерія Біо Ві =

Питання 18. За якою формулою визначається інтенсивність потоку води під дією градієнта вологості?

1. $i = -a^1 \rho_0 \delta t / dx$; 2. $i = -a^1 \rho_0 dt / dx$; 3. $i = -b(dp / dx)$; 4. $i = -k(du / dx)$

Питання 19. Температурне поле це:

1. Сукупність значень температури в даний проміжок часу; 2. Ізотермічна поверхня;
3. Розподіл значень температури; 4. Розподіл температури за об'ємом сортимента

Питання 20. Які з наведених сушарок застосовуються для сушіння шпону?

1. Барабанна сушарка «Шильде»; 2. Сушарка СПЛК -2; 3. Сушарка фірми «Рауте»;
4. Аерофонтанна сушарка

7. Методи навчання

Пояснювально-ілюстративний метод, репродуктивний метод, метод проблемного викладення, евристичний метод, дослідницький метод.

8. Форми контролю

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

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль		Рейтинг з навчальної роботи R _{нр}	Рейтинг з додаткової роботи R _{др}	Рейтинг штрафний R _{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

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

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

n – кількість змістових модулів;

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

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

$R_{\text{др}}$ – рейтинг з додаткової роботи;

$R_{\text{штр}}$ – рейтинг штрафний.

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

$$R_{\text{нр}} = \frac{0,7 \cdot (R_{\text{зм}}^{(1)} + \dots + R_{\text{зм}}^{(n)})}{n} + R_{\text{др}} - R_{\text{штр}}.$$

Рейтинг з додаткової роботи $R_{\text{др}}$ додається до $R_{\text{нр}}$ 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 $R_{\text{штр}}$ не перевищує 5 балів і віднімається від $R_{\text{нр}}$. 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
1-7	1	72	2.5	60	100
8-15	2	72	2.5	60	100
Всього	2	186	5	42	70

Рейтинг з додаткової роботи $R_{\text{др}}$ становить 20 балів.

Рейтинг штрафний $R_{\text{штр}}$ становить 5 балів.

$$R_{\text{дис}} = R_{\text{нр}} + 0,3R_{\text{ат}}$$

$$R_{\text{нр}} = (0,7 (R_{1\text{зм}} \times 1,5 + R_{2\text{зм}} \times 1,5)) : 2 + R_{\text{др}} - R_{\text{штр}}$$

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	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

9. Методичне забезпечення

1. Коваль В.С., Пінчевська О.О. Методичні вказівки з виконання лабораторних робіт «Теплові процеси деревообробки», Київ: НАУ, 2008,-28 с.
1. Білей П.В. Михайлівський А.Г., Озарків І.М. Теплові процеси в деревообробці.- Львів: УкрДЛТУ. 1999. –13 с.

10. Рекомендована література

Базова

1. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. _ 470 с.
2. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массопереноса. – М.: Госэнергоиздат, 1963, - 535 с.
3. Чудинов Б.С. Теория тепловой обработки древесины.- М.: Наука ,1968, - 253 с.
4. Озарків І.М. Сорока Л.Я., Грицюк Ю.І. Основи аеродинаміки і тепло масообміну. – Київ: ІСД МО України, 1997.- 280 с.
- 5.Білей П.В., Адамовський М.Г.,Ханик Я.М.,Довга Н.Д., Сорока Л.Я. Методологія наукових досліджень технологічних процесів. – Львів : Панорама, 2003 . –182 с.

Допоміжна

1. Энергетика лесной промышленности. – М: Гослесбумиздат, 1962. – 545 с.
2. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий. – М: Энергия, 1979.- 543 с.
3. Малинин В.Г. Расчет процессов термообработки в деревообрабатывающем производстве. – М: МГУЛ, 2002 . – 99 с.
4. Білей П.В., Озарків І.М., Губер Ю.М. Розрахунок сушарок для деревинних листових матеріалів. – Львів: УкрДЛТУ, 2002. – 20 с.
- 5.Озарків І.М., Михайлівський А.Г., Басалига Є.В. та інші. Теплообмінні апарати та їх розрахунок . – Львів: УкрДЛТУ, 2000. – 33 с.