

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи з курсу

„Технологія нагріву та нагрівальне обладнання” для студентів
спеціальності 131 «Прикладна механіка»,
освітньої програми «Обладнання та технології пластичного
формування конструкцій машинобудування»
всіх форм навчання

Методичні вказівки до самостійної роботи з курсу “Технологія нагріву та нагрівальне обладнання” для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання /Укл. А.М. Бень – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 18 с.

Укладач: А.М. Бень, ст. викладач

Рецензент: Дубина В.І., к.т.н., проф.

Відповідальний за випуск: А.М. Бень, ст. викладач

Затверджено
на засіданні кафедри ОМТ
протокол № 1 від 27.08.2019

Рекомендовано до видання
НМК машинобудівного факультету
протокол № 1 від 03.09.2019

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Мета і завдання дисципліни, її місце в навчальному процесі.....	5
2 Робоча програма дисципліни.....	6
2.1 Теми змістовних модулів.....	6
2.2 Перелік лабораторних робіт	11
2.3 Контрольні питання.....	11
3 Завдання для контрольних робіт з дисципліни «Технологія нагрівання та нагрівальне обладнання»	14
4 Контрольні заходи з перевірки якості засвоєння навчального матеріалу дисципліни «Технологія нагрівання та нагрівальне обладнання»	16
Рекомендована література	18

ВСТУП

Дисципліна «Технологія нагріву та нагрівальне обладнання» є однією зі спеціальних дисциплін спеціалізації «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» спеціальності «131 Прикладна механіка», що забезпечує якісну технологічну та конструкторську підготовку фахівця.

Термін, що передбачений робочим навчальним планом на аудиторні заняття з дисципліни, не дає можливості у необхідному обсязі викласти передбачений навчальний матеріал. Тому частина робочої навчальної програми дисципліни може взагалі не викладатися на аудиторних заняттях, що передбачає її самостійне вивчення. Зрозуміло, що і той матеріал дисципліни, що викладається в аудиторії, теж повинен бути закріплений шляхом самостійної роботи студента.

Діючий навчальний план викладання дисципліни «Технологія нагріву та нагрівальне обладнання» представлено нижче.

Вид занять	V семестр 90 годин (3 кредити)	
	Денне відділення	Заочне відділення
Лекції	14 год	4 год
Практичні роботи	-	-
Лабораторні роботи	14 год	2 год
Самостійна робота	62 год	84 год

Мета цих методичних вказівок полягає в:

- ознайомленні студента з повним обсягом навчального матеріалу з дисципліни, який він має засвоїти, в тому числі і з тією його частиною, яка повністю виноситься на самостійне вивчення;
- наведенні необхідної навчальної літератури з кожної тематики дисципліни;
- наданні методичних вказівок та контрольних питань для самоперевірки знань;
- ознайомленні студента із заходами контролю засвоєння навчального матеріалу в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Мета: формування у студентів базових теоретичних знань з використання різних видів нагрівального обладнання, та практичних навичок із розрахунків енергетичних потреб виробництва для виробів у промислових умовах.

Завдання: вивчення основних понять та положень технології нагрівання. Ознайомлення з основними видами пічного обладнання. Формування навичок проведення нагрівання металевих заготовок різних марок сталей до відповідних температур у промислових умовах для подальшого їх використання в технологіях кування, штампування, прокатування і т.д.

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

- основні поняття технології нагрівання;
- основні види пічного обладнання;
- основні види палива;
- основи теплопередачі;
- основні види теплового обміну;
- основи теплопровідності.

вміти:

- вибирати і застосовувати найбільш технологічні методи нагрівання металевих заготовок;
- аналізувати енергетичний стан витрат на нагрівання;
- правильно використовувати пічне обладнання;
- використовувати нагрівальне устаткування цехів металургійної промисловості в процесі виробництва.

Для глибокого та всебічного розуміння технології нагрівання та нагрівального обладнання необхідне вивчення та знання таких **дисциплін:**

- Технологія конструкційних матеріалів;
- Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка;
- Матеріалознавство;
- Вища математика;
- Інформатика;
- Вступ до спеціальності;
- Основи автоматизованого проектування;
- Основи теплотехніки та гідравліки.

2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Теми змістовних модулів

2.1.1. Тема 1. Основні поняття технології нагрівання

- Вступ. Визначення мети і задач курсу.
- Основні типи нагрівальних приладів.
- Типові конструкції полумєневих печей.
- Технічні характеристики нагрівального обладнання.

Методичні вказівки. Вивчення курсу починається з поняття призначення процесів нагрівання металу перед його гарячою ОМТ. Головна ідея курсу – доведення до свідомості майбутніх фахівців необхідності опанування теоретичними та практичними знаннями для повсякденного впровадження у виробництво енергозберігаючих технологій нагрівання з метою оптимального використання енергоносіїв. Необхідно завжди пам'ятати, що найскладніша проблема економіки України – енергозаощадження.

З'ясувати місце та значення процесів нагрівання в обробці металів тиском, враховуючи використання матеріало- та енергозберігаючих технологій при відповідній якості.

Визначити класифікацію полумєневих печей в залежності від виду нагрівання, природи палива, наявності енергозберігаючих засобів (рекуперація та регенерація) тощо. Засвоїти особливості роботи камерних та методичних печей.

Ознайомитися з загальними принципами конструювання та розрахунку печей. Вивчити вогнетривкі матеріали, їхні види, характеристики, вимоги до них, технологію їхнього виготовлення. Особливу увагу варто приділити сучасним вогнетривким матеріалам, як футеровочним, так і теплоізоляційним, що виготовляються із волокнистих матеріалів. Ознайомитися із теплоізоляційними матеріалами.

Питання для самоперевірки:

1. Загальні визначення.
2. Основні принципи класифікації полумєневих печей.
3. Теплофізична суть роботи камерних печей.
4. Теплофізична суть роботи методичних печей.
5. Основні типи печей з елементами енергозаощадження.

6. Суть роботи рециркуляційних печей.
7. Галузь застосування та принцип роботи швидкісних печей.
8. Основні вимоги до вогнетривких матеріалів.
9. Основні вимоги до ізоляційних матеріалів.
10. Шляхи енергозбереження в полумєневих печах.
11. Суть рекуперації та регенерації.
12. Загальні принципи систем автоматичного регулювання теплової роботи печей.

2.1.2. Тема 2. Види та хімічний склад палива

- Класифікація видів палива.
- Склад палива.
- Горіння палива.
- Теплота горіння.
- Пальники та форсунки.

Методичні вказівки. З'ясувати види та склад палива. Теплота згорання. Розрахунок горіння. Коефіцієнт надлишку повітря. Температура горіння. Особливості горіння газів. Пальники. Особливості горіння мазутів. Форсунки.

Питання для самоперевірки:

1. Мета нагрівання заготовок перед ОМТ.
2. Паливо та його склад.
3. Рідинне та газове паливо.
4. Реакції горіння палива та їхній розрахунок.
5. Вимірювання та регулювання складу пічних газів.
6. Температура горіння.
7. Особливості горіння газів. Пальники.
8. Особливості горіння мазутів. Форсунки.
9. Теплота горіння палива.

2.1.3. Тема 3 Основи теплопередачі

- Конвекція.

- Випромінення.
- Теплопровідність.
- Основи механіки пічних газів.

Методичні вказівки. З'ясувати основні положення та визначення процесів теплопередачі: конвекції, променистого теплоперенесення та теплопровідності. Визначити особливості передачі теплоти конвекцією. Як поділяється теплообмін за спектрами випромінювання. Фізична суть теплопровідності. Стаціонарний та нестаціонарний режим температурного поля.

Основні положення розв'язання теплових задач чисельними методами.

Питання для самоперевірки:

1. Характер руху пічних газів.
2. Тиск пічних газів.
3. Вимірювання та регулювання тиску пічних газів.
4. Димарі та димососи.
5. Основні види теплопередачі.
6. Види теплопередач в робочих камерах печей.
7. Статика газового потоку.
8. Динаміка газового потоку.
9. Рух газів у пічних системах.
10. Передача теплоти конвекцією.
11. Передача теплоти випромінюванням.
12. Поняття теплопровідності.

2.1.4. Тема 4. Технологія нагрівання металів

- Мета нагрівання.
- Температурний інтервал обробки металів тиском.
- Дефекти та брак при нагріванні та їхнє запобігання.
- Режими нагрівання
- Охолодження та термічна обробка поковок.

Методичні вказівки. Вивчення теми починається із пояснення температурно-структурних перетворень в металах при нагріванні. На цьому базується визначення температурного інтервалу ОМТ, який дозволяє оптимально вести теплову обробку металу. Особлива увага приділяється фізико-хімічним процесам при нагріванні: окалино утворенню, знеуглецюванню та тріщино утворенню. Вводиться поняття про критерій Біо, який визначає розміри перетину заготовок та режими для термічно тонких та термічно товстих тіл.

Формується уявлення та поняття при визначенні тривалості нагрівання та режимів нагрівання згідно із розподілом заготовок за критерієм Біо.

Приділяється увага технології охолодження поковок після ОМТ та їхньої термічної обробки.

Питання для самоперевірки:

1. Які фізико-хімічні параметри металу змінюються при нагріванні?
2. Умови визначення верхньої та нижньої межі гарячої ОМТ.
3. Вплив на кількість окалино утворення те знеуглецювання складу металу, температури нагрівання та атмосфери в печі.
4. Основні види браку при нагрівання, перегрівання та перепалення металу.
5. Визначення тривалості нагрівання в залежності від величини перетину металу.
6. Режими нагрівання.
7. Технологія охолодження поковок та їхня термічна обробка.
8. Окислення металу як основний недолік нагрівання.

2.1.5. Тема 5. Методи електричного нагрівання

- Види електричного нагрівання.
- Переваги електричного нагрівання.
- Індукційне нагрівання.

- Електроконтактне нагрівання.
- Електровисадка.
- Електричні печі опору.
- Нагрівання в електроліті.

Методичні вказівки. Необхідно усвідомити, чи всі методи електричного нагрівання перед гарячою ОМТ є безокислювальними та швидкісними. Одночасно варто з'ясувати переваги та недоліки цих методів в порівнянні із нагріванням в звичайних полумєневих печах.

Визначити галузь застосування теплової обробки заготовок за рахунок енергії електричного струму. Способи нагрівання при масовому та автоматизованому виробництві точних поковок.

Застосування електричних печей опору для забезпечення контрольованої, нейтральної атмосфери або вакууму в робочій зоні.

Переваги застосування безокислювального нагрівання перед звичайним. Параметри визначення економічних показників методів безокислювального нагрівання (така технологія не є енергозберігаючою).

Визначити особливості конструкції печей безокислювального нагрівання, а саме – печей із атмосферою рівноваги окисно-відновлюваних процесів, печей із розплавами та соляними ваннами, муфельних тощо.

Питання для самоперевірки:

1. Переваги та недоліки електричних методів нагрівання.
2. Сутність та галузь застосування індукційного нагрівання.
3. Сутність та галузь застосування контактного нагрівання.
4. Сутність та галузь застосування нагрівання в печах опору.
5. Визначення тривалості нагрівання при різних видах електронагрівання.
6. Обладнання для електронагрівання.
7. Контроль параметрів нагрівання в електropечах.
8. Методи та прилади для вимірювання та регулювання температури в печах.
9. Мета безокислювального нагрівання.

10. Суть основних методів безокислювального нагрівання.

11. Техніко-економічні показники безокислювального нагрівання.

12. Особливості конструкції печей безокислювального нагрівання.

13. Порівняльні характеристики методів безокислювального нагрівання.

14. Галузь застосування безокислювальних технологій нагрівання.

2.2 Перелік лабораторних робіт

1. Визначення окалиноутворення при нагріванні сталевих заготовок

2. Визначення ККД електропечі

3. Визначення втрат тепла через стінки та вікна електропечі

4. Експлуатація та характеристика ковальського індукційного нагрівача

5. Конструкція та обслуговування вакуумної електропечі

6. Розрахунок повного горіння природного газу

7. Розрахунок неповного горіння природного газу

Методичні вказівки. Лабораторні роботи проводяться згідно розкладу під керівництвом викладача. Вони направлені на закріплення найбільш важливих теоретичних положень курсу та набуття навичок проведення експерименту. Зміст, етапи та результати лабораторних робіт відображаються у зошиті.

Перед початком роботи студенти мають на підставі відповідної інструкції ознайомитися з порядком проведення роботи та необхідним теоретичним матеріалом. Кожна робота завершується захистом.

2.3 Контрольні питання

При підготовці до модульних контролів, а також до підсумкового заліку, студент може перевірити свою готовність, відповідаючи на наведені нижче питання, які охоплюють основні положення дисципліни «Технологія нагрівання та нагрівальне обладнання»:

1. Загальні визначення.
2. Основні принципи класифікації полумєневих печей.
3. Теплофізична суть роботи камерних печей.
4. Теплофізична суть роботи методичних печей.
5. Основні типи печей з елементами енергозаощадження.
6. Суть роботи рециркуляційних печей.
7. Галузь застосування та принцип роботи швидкісних печей.
8. Основні вимоги до вогнетривких матеріалів.
9. Основні вимоги до ізоляційних матеріалів.
10. Шляхи енергозбереження в полумєневих печах.
11. Суть рекуперації та регенерації.
12. Загальні принципи систем автоматичного регулювання теплової роботи печей.
13. Мета нагрівання заготовок перед ОМТ.
14. Паливо та його склад.
15. Рідинне та газове паливо.
16. Реакції горіння палива та їхній розрахунок.
17. Вимірювання та регулювання складу пічних газів.
18. Температура горіння.
19. Особливості горіння газів. Пальники.
20. Особливості горіння мазутів. Форсунки.
21. Теплота горіння палива.
22. Характер руху пічних газів.
23. Тиск пічних газів.
24. Вимірювання та регулювання тиску пічних газів.
25. Димарі та димососи.
26. Основні види теплопередачі.
27. Види теплопередач в робочих камерах печей.
28. Статика газового потоку.
29. Динаміка газового потоку.
30. Рух газів у пічних системах.
31. Передача теплоти конвекцією.
32. Передача теплоти випромінюванням.
33. Поняття теплопровідності.
34. Які фізико-хімічні параметри металу змінюються при нагріванні?
35. Умови визначення верхньої та нижньої межі гарячої ОМТ.

36. Вплив на кількість окалино утворення та знеуглецювання складу металу, температури нагрівання та атмосфери в печі.

37. Основні види браку при нагрівання, перегрівання та перепалення металу.

38. Визначення тривалості нагрівання в залежності від величини перетину металу.

39. Режими нагрівання.

40. Технологія охолодження поковок та їхня термічна обробка.

41. Окислення металу як основний недолік нагрівання.

42. Переваги та недоліки електричних методів нагрівання.

43. Сутність та галузь застосування індукційного нагрівання.

44. Сутність та галузь застосування контактного нагрівання.

45. Сутність та галузь застосування нагрівання в печах опору.

46. Визначення тривалості нагрівання при різних видах електронагрівання.

47. Обладнання для електронагрівання.

48. Контроль параметрів нагрівання в електропечах.

49. Методи та прилади для вимірювання та регулювання температури в печах.

50. Мета безокислювального нагрівання.

51. Суть основних методів безокислювального нагрівання.

52. Техніко-економічні показники безокислювального нагрівання.

53. Особливості конструкції печей безокислювального нагрівання.

54. Порівняльні характеристики методів безокислювального нагрівання.

55. Галузь застосування безокислювальних технологій нагрівання.

3 ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ «ТЕХНОЛОГІЯ НАГРІВАННЯ ТА НАГРІВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ»

Варіант 1

1. Склад, особливості згорання та паливоспалюючі пристрої при опаленні печей газами.
2. Передача тепла теплопровідністю. Закон Фуко. Визначення витрат тепла через стінки печей.
3. Особливості конструкцій та теплової роботи камерних та методичних печей.
4. Лабораторна робота № 6.
5. Лабораторна робота №7.

Варіант 2

1. Стадії горіння мазутів. Форсунки.
2. Передача тепла конверсією та випромінюванням.
3. Обладнання та електрична схема індукційних нагрівачів.
4. Лабораторна робота № 6.
5. Лабораторна робота №7.

Варіант 3

1. Калориметрична, теоретична та дійсна температури горіння. Засоби з підвищення температури горіння в печах.
2. Основні напрямки енергозощадження.
3. Принцип дії та конструкції рекуператорів та регенераторів.
4. Лабораторна робота № 6.
5. Лабораторна робота № 7.

Варіант 4

1. Рух газів в печах. Рециркуляція. Тиск пічних газів та його регулювання. Димарі та димососи.
2. Основні методи електронагрівання заготовок. Переваги та недоліки.
3. Основні конструкції камерних печей.
4. Лабораторна робота № 6.
5. Лабораторна робота № 7.

Варіант 5

1. Розрахунок горіння палива. Теплота згорання. Склад продуктів згорання.
2. Тепловий баланс печей. Визначення питомої витрати палива.
3. Конструкції печей для безокислювального нагрівання.
4. Лабораторна робота № 6.
5. Лабораторна робота № 7.

Варіант 6

1. Вибір верхньої та нижньої межі нагрівання. Перегрівання та перепалення металу.
2. Основні способи безокислювального нагрівання.
3. Особливості конструкції методичних печей.
4. Лабораторна робота № 6.
5. Лабораторна робота № 7.

Варіант 7

1. Окаліноутворення та знеуглецьовування при нагріванні. Умови тріщиноутворення та засоби його запобігання.
2. Нагрівання в індукційних печах. Фізика процесу та нагрівальне обладнання.
3. Режими та час нагрівання. Критерій Біо. Термічно тонкі та термічно товсті заготовки.
4. Лабораторна робота № 6.
5. Лабораторна робота № 7.

Варіант 8

1. Загальна характеристика вогнетривких матеріалів. Вимоги, технологія виготовлення та межі використання.
2. Електроконтактне нагрівання. Технологія та обладнання.
3. Методи вимірювання та регулювання температури в печах.
4. Лабораторна робота № 6.
5. Лабораторна робота № 7.

Варіант 9

1. Температурні напруження при нагріванні. Тріщиноутворення. Термообробка поковок.
2. Швидкісне нагрівання металу. Печі швидкісного нагрівання.
3. Загальні вимоги з техніки безпеки при експлуатації полумєневих печей.
4. Лабораторна робота № 6.
5. Лабораторна робота № 7.

Варіант 10

1. Нагрівання в печах опору та можливості отримання регульованої атмосфери. Конструкції печей.
2. Теплоізоляційні матеріали. Вимоги та умови використання.
3. Склад газового та мазутного палива. Теплова здатність палива. Енергозаощадження.
4. Лабораторна робота № 6.
5. Лабораторна робота № 7.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕХНОЛОГІЯ НАГРІВАННЯ ТА НАГРІВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ»

На підставі робочої програми дисципліни та вимог кредитно-модульної системи організації навчального процесу кафедра застосовує наступні контрольні заходи з перевірки якості засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни «Технологія нагрівання та нагрівальне обладнання»:

- тестові опитування;
- усне опитування;
- виконання та захист звітів лабораторних робіт;
- виконання та захист контрольної роботи (для студентів заочної форми навчання);
- складання заліку.

Склад, обсяг і термін виконання змістових модулів, на які підрозділяється робоча програма дисципліни, надано у табл. 2.

У навчальному семестрі планується проведення двох підсумкових модульних контролів: МК1 та МК2.

Протягом семестру під час модульного контролю студент здає декілька контрольних заходів, на підставі яких він отримує загальну оцінку.

Слід підкреслити, що студент має скласти всі заплановані заходи позитивно, тільки в цьому разі він отримує загальну позитивну оцінку. Негативна оцінка з будь-якого контрольного заходу свідчить про незасвоєння ним навчального матеріалу.

Студент, який отримав на контрольному заході незадовільну оцінку або не з'явився на нього, має можливість повторного складання протягом одного-двох тижнів. Повторне складання модульного контролю з метою підвищення позитивної оцінки можливе як виняток з письмового дозволу декана.

Таблиця 4.1 – 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.
Змістовий модуль 1												
Тема 1. Основні поняття технології нагрівання	18	3	-	2	-	13	18	2	-	2	- 4	
Тема 2. Види та хімічний склад палива	18	3	-	2	-	13	18	-	-	-	- 8	
Тема 3. Основи теплопередачі	14	2	-	2	-	10	14	-	-	-	- 4	
Разом годин Модуль 1	50	8	-	6	-	36	50	2	-	2	- 4 6	
Змістовий модуль 2												
Тема 4. Технологія нагрівання металів	20	3	-	4	-	13	20	2	-	-	- 8	
Тема 5. Методи електричного нагрівання	20	3	-	4	-	13	20	-	-	-	- 0	
Разом годин Модуль 2	40	6	-	8	-	26	40	2	-	-	- 3 8	
Разом годин	90	14	-	14	-	62	90	4	-	2	- 8 4	

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Краснокутський П.Г., Колесник Ф.І. Теплотехнічні процеси і конструкції нагрівальних печей. – К.: Віпол., 1995 – 246 с.
2. Телегин А.С., Авдеева В.Г. Теплотехника и нагревательные устройства. – М.: Машиностроение, 1985 – 242 с.
3. Справочник по ковке и штамповке / под ред. Е.И. Семенова. Т.1. – М.: Машиностроение, 1985 – 568 с.

Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Технологія нагрівання та нагрівальне обладнання" для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка, освітньої програми «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання. /Укл.: Бень А.М. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. - 41 с.
2. Методичні вказівки до самостійної роботи з курсу “Технологія нагріву та нагрівальне обладнання” для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітньої програми Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування /Укл. А.М. Бень – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019.