

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
для самостійної роботи студентів**

**з вивчення дисципліни  
“Зміцнюючі технології у виробництві деталей машин”**

для студентів зі спеціальності  
131 «Прикладна механіка»  
освітньої програми «Технології машинобудування»  
усіх форм навчання

2024

Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни “Зміцнюючі технології у виробництві деталей машин” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська .–Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2024 – 20 с.

Укладач: Пухальська Г.В., к.т.н., доц. каф. ТМБ

Рецензент: Козлова О.Б., к.т.н., доц. каф. ТМБ

Відповідальний за  
випуск Дядя С.І., к.т.н., доцент, зав. каф. ТМБ

Затверджено на засіданні кафедри  
«Технологія машинобудування»  
Протокол № 1 від 06 серпня 2024 р.

Рекомендовано до видання  
НМК МФ  
Протокол № 1 від 27.08.2024 р.

## ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 Мета і завдання дисципліни, її місце в навчальному процесі	5
1.1 Мета викладання дисципліни	5
1.2 Завдання вивчення дисципліни	5
1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни	5
2 Робоча програма дисципліни	6
2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення	6
2.2 Перелік лабораторних занять та їх тривалість	12
2.3 Контрольні питання	13
3 Контрольні заходи з перевірки якості засвоєння навчального матеріалу дисципліни	6
4 ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	20

## ВСТУП

Дисципліна “Зміцнюючі технології у виробництві деталей машин” є однією із вузлових дисциплін спеціальності 131 Прикладна механіка - освітня програма «Технології машинобудування», що забезпечує якісну підготовку фахівця.

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

Вивчення дисципліни здійснюється згідно діючих навчальних планів в об’ємі 3 кредити. Видом контролю з дисципліни є залік.

Мета цих методичних рекомендацій полягає в наступному:

- ознайомити студента з повним обсягом навчального матеріалу з дисципліни, який він повинен засвоїти, в тому числі і з тою частиною, яка повністю виноситься на самостійне вивчення;
- навести необхідну навчальну літературу по кожній тематиці дисципліни;
- надати методичні вказівки та контрольні питання для самоперевірки знань;
- ознайомити студентів з заходами контролю засвоєння навчального матеріалу в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

# **1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

## **1.1 Мета викладання дисципліни**

Мета викладання дисципліни “Зміцнюючі технології у виробництві деталей машин” полягає у підготовці фахівця, який повинен вміти виконувати аналітичні дослідження, правильно призначити метод ППД; досліджувати вплив режимів зміцнюючої обробки на шорсткість і якість обробленої поверхні; за отриманими даними будувати епюри залишкових напружень.

## **1.2 Завдання вивчення дисципліни**

Завдання вивчення дисципліни - системне дослідження характеристик поверхневого шару і витривалості деталей після фінішних операцій технологічного процесу із застосуванням оздоблювально-зміцнюючих методів обробки.

Після вивчення дисципліни студенти повинні знати:

- технологічні особливості методів ППД;
- закономірності формування характеристик поверхневого шару деталей ГТД після фінішної обробки;
- методи дослідження характеристик поверхневого шару та витривалості деталей енергетичних установок;
- розрахунки коефіцієнтів зміцнення деталей за допомогою теорії подоби та аналізу розмірностей з використання комп'ютерної техніки.

## **1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни**

Для успішного вивчення цієї дисципліни студенти повинні отримати знання з наступних фундаментальних та загально-інженерних дисциплін:

- технологічні основи машинобудування;
- вища математика;
- фізичне матеріалознавство;
- інформатика.

## **2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ**

По кожній тематиці вказані години на лекційні заняття. Години на самостійну роботу студента при вивченні кожної теми надані у розділі 3

### **2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення**

#### **2.1.1 Вступ –2 години**

Історія розвитку методів поверхневого пластичного деформування. Місце зміцнювальних методів у технологічному процесі, вплив властивостей поверхневого шару на формування та опір втомі деталей енергетичних установок.

#### **Методичні вказівки**

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, що зародження втомної тріщини зазвичай починається з поверхні через те, що тут виникають найбільші циклічні напруження при згинанні, крутінні, концентрація напружень від різних дефектів поверхні. Тому від якості поверхневого шару залежать експлуатаційні властивості - опір втоми, зносостійкість, корозійна стійкість, опір контактної втоми та ін. Оптимальна поверхня повинна бути достатньо твердою, повинна мати стискаючи залишкові напруги, дрібнодисперсну структуру, згладжену форми мікронерівностей.

Література - [1]

#### **Питання для самоперевірки**

1 Яке значення має місце зміцнювальних методів у технологічному процесі?

2 Який вплив справляють методи ППД на властивості поверхневого шару ?

3 Який вплив справляють методи ППД на опір втомі деталей енергетичних установок?

4 З чого починається зародження втомної тріщини?

5 Від чого залежать експлуатаційні властивості поверхневого шару?

### **2.1.2 Методи підвищення надійності деталей машин – 4 години**

Аналіз причин пошкоджень деталей в умовах експлуатації. Класифікації методів підвищення несучої здатності деталей машин.

Технологічні характеристики оздоблювальних методів обробки деталей: суперфініш, хонінгування, притирання, електроферромагнітне полірування, електролітичне полірування, віброполірування, пневмоімпульсна обробка.

#### **Методичні вказівки**

При розгляді цієї теми необхідно звернути увагу на конструкторські, технологічні, експлуатаційні та металургійні методи підвищення надійності деталей машин. Необхідно також звернути увагу на формування характеристик поверхневого шару при оздоблювально-зміцнювальних методах обробки, що призначені для поліпшення шорсткості поверхні (зменшення висоти мікронерівностей, отримання мікрорельєфу з великою площею контакту і великими радіусами дна западин, які знижують концентрацію напруг).

Література - [1,2].

#### **Питання для самоперевірки**

- 1 Класифікація методів підвищення надійності деталей машин?
- 2 Класифікація оздоблювально-зміцнювальних методів обробки поверхневого шару?
- 3 Технологічні характеристики оздоблювальних методів обробки деталей: суперфініш, хонінгування, притирання?
- 4 Технологічні характеристики оздоблювальних методів обробки деталей: електроферромагнітне полірування, електролітичне полірування, віброполірування, пневмоімпульсна обробка?

### **2.1.3 Технологічні характеристики зміцнюючих методів обробки деталей машин – 4 години**

Розкатування внутрішніх поверхонь; обкатування зовнішніх поверхонь; алмазне вигладжування; вібраційне вигладжування та обкатування; поверхневе дорнування; дробоструминна обробка кульками; ударне розкатування; центробіжна обробка. Інструменти і робочі тіла для ППД, їхні характеристики.

#### **Методичні вказівки**

При розгляді цієї теми звернути увагу на особливості, недоліки, переваги та область застосування методів ППД.

Матеріали для інструментів та робочих тіл повинні мати більш високі фізико-механічні властивості, чим матеріали оброблюваних деталей. Вони повинні мати: високу твердість, здатність чинити опір стиранню при обробці ударними методами ППД, високу межу міцності, низький коефіцієнт тертя по металу, велику теплопровідність і теплостійкість, здатність обробки поверхні до отримання мінімальної шорсткості.

Література - [1,2,3].

#### **Питання для самоперевірки**

1. Розкатування внутрішніх поверхонь?
2. Обкатування зовнішніх поверхонь?
3. Алмазне вигладжування?
4. Вібраційне вигладжування та обкатування?
5. Поверхневе дорнування?
6. Дробоструминна обробка кульками?
7. Ударне розкатування?
8. Центробіжна обробка?
9. Інструменти і робочі тіла для ППД, їхні характеристики?

### **2.1.4 Характеристики поверхневого шару деталей машин – 6 години**

Закономірності формування характеристик поверхневого шару. Явища, які виникають в поверхневому шарі при ППД. Якість поверхні

і властивості поверхневого шару. Вплив властивостей поверхневого шару на експлуатаційні характеристики. Технологічні дефекти поверхні при механічній обробці. Шорсткість поверхні та її параметри. Розрахунок технологічного концентратора напружень.

### **Методичні вказівки**

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, що в умовах експлуатації поверхневий шар деталі піддається найбільш сильному фізико-хімічного впливу: механічному, тепловому, хімічним та ін У більшості випадків у деталі починають погіршуватися службові властивості поверхні, наприклад, знос, ерозія, корозія, втомні тріщини та інші руйнування розвиваються спочатку на поверхні. Тому до поверхневого шару пред'являються зазвичай більш високі вимоги.

Література - [1,3].

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Закономірності формування характеристик поверхневого шару?
2. Явища, які виникають в поверхневому шарі при ППД?
3. Якість поверхні і властивості поверхневого шару?
4. Вплив властивостей поверхневого шару на експлуатаційні характеристики?
5. Технологічні дефекти поверхні при механічній обробці?
6. Шорсткість поверхні та її параметри?
7. Розрахунок технологічного концентратора напружень?

#### **2.1.5 Наклеп поверхневого шару – 4 години**

Визначення наклепу. Поняття перенаклепу. Характеристики наклепу: ступінь та глибина. Мікротвердість поверхневого шару: поняття та метод вимірювання. Методи визначення глибини наклепу: суть, переваги та недоліки, область використання. Рентгеноструктурний метод визначення глибини наклепу. Ультразвукова обробка кульками деталей енергетичних установок, обладнання для ультразвукової обробки і техніка безпеки.

## **Методичні вказівки**

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, що при завищених силових параметрах обробки може відбуватися перенаклеп, в результаті якого в поверхневому шарі з'являються небезпечні мікротріщини. Якщо деталі працюють при оточуючих температурах і знакозмінних навантаженнях, то наклеп підвищує опір втоми за рахунок збільшення межі міцності і межі текучості деформованого металу. При температурах вище 600°C наклеп сприяє підвищенню ламкості поверхні металу, що знижує опір втоми.

Література - [2,3].

### **Питання для самоперевірки**

1. Визначення наклепу?
2. Поняття перенаклепу?
3. Характеристики наклепу: ступінь та глибина?
4. Мікротвердість поверхневого шару: поняття та метод вимірювання?
5. Методи визначення глибини наклепу: суть, переваги та недоліки, область використання?
6. Рентгеноструктурний метод визначення глибини наклепу?
7. Ультразвукова обробка кульками деталей енергетичних установок, обладнання для ультразвукової обробки і техніка безпеки?

#### **2.1.6 Технологічні залишкові напруження – 4 години**

Технологічні залишкові напруження 1-го, 2-го і 3-го роду. Механізм формування залишкових напружень. Вплив залишкових напружень на опір пластичним деформаціям. Дослідження залишкових напружень. Механічний метод акад. Давіденкова М.М. Вирізка зразків із деталей. Методи зйому металів з напружених поверхонь. Формула для розрахунку залишкових напружень для прямокутних зразків. Рентгеноструктурний метод досліджень залишкових напружень.

### **Методичні вказівки**

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, як технологічні залишкові напруження впливають на точність обробки, статичну та динамічну міцність та корозійну стійкість деталі. Методи та режими обробки, МОР та інші фактори визначають рівень та знак залишкових напружень. Також слід звернути увагу на переваги, недоліки та область застосування методів дослідження залишкових напружень.

Література - [2,3].

### **Питання для самоперевірки**

1. Технологічні залишкові напруження 1-го, 2-го і 3-го роду?
2. Механізм формування залишкових напружень?
3. Вплив залишкових напружень на опір пластичним деформаціям?
4. Дослідження залишкових напружень?
5. Механічний метод.: суть, переваги та недоліки, область використання?
6. Рентгеноструктурний метод дослідження залишкових напружень: переваги, недоліки, галузь застосування?

#### **2.1.7. Алмазне вигладжування (АВ) – 6 години**

Суть процесу АВ деталей машин. Інструменти і пристрої для АВ, їхні властивості і геометрія. Підготовка поверхонь для АВ. Формування властивостей поверхневого шару. Точність і шорсткість поверхні при АВ. Вибір раціональних режимів АВ. Вплив режимів АВ на формування залишкових напружень і підвищення опору втомі деталей машин.

#### **Методичні вказівки**

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, що параметрами вигладжування, що впливають на шорсткість  $\epsilon$ : сила вигладжування, подача і радіус робочої частини інструменту. При збільшенні сили вигладжування до певного значення шорсткість зменшується. За оптимальних значеннях сили вигладжування вихідні нерівності повністю згладжуються і утворюється шорсткість, обумовлена самим процесом вигладжування, пов'язаним з подачею. Подальше збільшення сили вигладжування збільшує пластичні спотворення,

висота нерівностей зростає в порівнянні з найменшою, поверхневі шари можуть зруйнуватися і можуть з'явитися тріщини.

Література - [2,3].

### **Питання для самоперевірки**

1. Схема та суть процесу АВ деталей машин?
2. Формування властивостей поверхневого шару?
3. Точність і шорсткість поверхні при АВ?
4. Вибір раціональних режимів АВ?
5. Вплив режимів АВ на формування залишкових напружень і підвищення опору втомі деталей машин?
6. Інструменти для алмазного вигладжування?

### **2.2 Перелік лабораторних занять та їх тривалість**

#### **2.2.1 Лабораторна робота № 1 – 4 години.**

**Тема:** Дослідження впливу алмазного вигладжування на шорсткість поверхні.

#### **2.2.2 Лабораторна робота №2 – 6 годин.**

**Тема:** Формування якості поверхні при зміцненні сталевими кульками у силовому ультразвуковому полі.

#### **2.2.3 Лабораторна робота №3 – 4 години.**

**Тема:** Дослідження поверхневого напруженого стану деталей газотурбінних двигунів

### **Методичні вказівки**

При підготовці до проведення лабораторних робіт слід користуватись навчальними посібниками [1,2,3], а також звернутись до відповідних розділів робочої програми.

## 2.3 Контрольні питання

При підготовці до поточного та остаточного контролю знань – заліку з дисципліни студент може перевірити свою готовність, відповідаючи на нижченаведені питання, які охоплюють вузлові положення дисципліни „Зміцнюючі технології у виробництві деталей машин”:

1. Причини руйнування навантажених деталей.
2. Методи підвищення надійності деталей.
3. Металургійні і конструкторські методи підвищення надійності деталей.
4. Технологічні і експлуатаційні методи підвищення надійності деталей.
5. Класифікація оздоблювальних методів обробки.
6. Суперфініш, хонінгування, притирання.
7. ПСА, полірування.
8. Гидро-абразивное полірування, об'ємне полірування, електролітичне полірування.
9. Технологічні характеристики зміцнюючих методів обробки.
10. Інструменти і робочі тіла для ППД. Їхні характеристики.
11. Якість поверхні та властивості поверхневого шару деталей машин.
12. Вплив властивостей поверхневого шару на експлуатаційні характеристики.
13. Шорсткість поверхні та її параметри. Розрахунок технологічного концентратора напружень.
14. Залишкові напруги: визначення, класифікація.
15. Наклеп поверхневого шару. Характеристики наклепу.
16. Мікротвердість поверхневого шару. Визначення мікротвердості.
17. Методи визначення глибини наклепу: переваги, недоліки, сфера застосування.
18. Визначення глибини наклепу на звичайних шліфах.
19. Визначення глибини наклепу на похилих шліфах.
20. Визначення наклепу при послідовному видаленні тонких шарів металу електролітичним поліруванням.

21. Рентгеноструктурний метод визначення глибини наклепу.
22. Алмазне вигладжування: схема, суть, сфера застосування.
23. Алмазне вигладжування, вибір параметрів вигладжування.
24. Алмазне вигладжування, вплив режимів вигладжування на шорсткість поверхності.
25. Алмазне вигладжування, вибір оптимальних режимів вигладжування.
26. Алмазне вигладжування, вплив процесу на розмір деталей.
27. Інструменти для вигладжування.
28. Вигладжування і віброобкатування: суть, вживані інструменти.
29. Вібровигладжування і віброобкатування: суть, характер мікрогеометрії, що отримується при вібровигладжуванні (віброобкатуванні).
30. Вібровигладжування і віброобкатування: суть, залишкові напруги, що отримуються при обробці.
31. Вибір параметрів вібровигладжування і віброобкатування.
32. Механічний метод дослідження залишкових напруг: суть, сфера застосування, достоїнства, недоліки.
33. Механічний метод дослідження залишкових напруг: суть, вимоги до електроліту і процесу.
34. Механічний метод дослідження залишкових напруг: суть, склад електроліту.
35. Механічний метод дослідження залишкових напруг: суть, вибір розмірів зразків.
36. Методика визначення залишкових осьових напруг на підставі інструкцій НІАТ.
37. Рентгеноструктурний метод визначення залишкових напруг.
38. Віброударна обробка: схема процесу, динаміка руху робочих тіл і оброблюваних деталей.
39. Віброударна обробка: схема процесу, вибір параметрів обробки.

40. Віброударна обробка: схема процесу, устаткування.
41. Віброударна обробка.
42. Ультразвукове зміцнення кульками: суть, сфера застосування, достоїнства, недоліки.
43. Ультразвукове зміцнення кульками: принцип роботи установки.
44. Ультразвукове зміцнення кульками: суть, складові режиму зміцнення.
45. Ультразвукове зміцнення кульками.

### **3 КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ**

На підставі робочої програми дисципліни та вимог кредитно-модульної системи організації навчального процесу кафедра розробляє контрольні заходи з перевірки якості засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни.

Контрольні заходи з дисципліни „Зміцнюючі технології у виробництві деталей машин” передбачають наступні кваліфікаційні завдання:

- опитування за окремими темами лекційного курсу;
- виконання та захист звітів лабораторних робіт;
- складання заліку в кінці семестру.

Склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів, на які підрозділяється робоча програма дисципліни, надані у табл. 3.1.

Для закріплення поточних знань на протязі семестру, до проведення підсумкового модульного контролю, проводяться контрольні заходи (письмове опитування студентів за матеріалами лекцій, що були прочитані), на підставі яких студент отримує загальну оцінку. Слід зазначити, що всі заплановані заходи повинні бути складені позитивно. Негативна оцінка з будь якого контрольного заходу свідчить про незасвоєння студентом навчального матеріалу.

Студент, який одержав за результатами модульного контролю позитивні оцінки, виконав всі завдання, що передбачені робочим навчальним планом дисципліни, отримує залік.

Студент, який отримав на модульному контролі незадовільну оцінку або не з'явився на нього, має можливість повторного складання протягом одного-двох тижнів.

Таблиця 3.1- Склад, обсяг і термін виконання змістового модулю з дисципліни “Зміцнюючі технології у виробництві деталей машин”

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усьог о	у тому числі					усьог о	у тому числі				
		л к	п р	ла б	ін д	с. р.		лк р	п р	ла б	ін д	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>МОДУЛЬ 1</b>												
<b>Змістовий модуль 1. Причини руйнувань та методи підвищення надійності деталей машин. Властивості поверхневого шару деталей машин.</b>												
Тема 1. <i>Причини руйнувань та методи підвищення надійності деталей машин.</i>	10	2				8	5,5	0,5				5
Тема 2. <i>Оздоблювальні методи обробки.</i>	16	2		6		8	22	0,5				21,5
Тема 3. <i>Властивості поверхневого шару деталей машин.</i>	8	2				6	5					5
Разом за змістовим модулем 1	<b>34</b>	<b>6</b>		<b>6</b>		<b>22</b>	<b>32,5</b>	<b>1</b>				<b>31,5</b>
<b>МОДУЛЬ 2</b>												
<b>Змістовий модуль 2. Технологічні характеристики методів обробки деталей машин. Наклеп та його характеристики. Залишкові напруження та методи їх визначення.</b>												
Тема 4. <i>Наклеп поверхневого шару. Методи визначення глибини наклепу.</i>	7	2				5	10,5	0,5				10
Тема 5. <i>Алмазне вигладжування (АВ).</i>	12	2		4		6	12,5	0,5		2		10
Тема 6. <i>Методи</i>	9	2		2		5	10,5	0,				10

<i>дослідження залишкових напружень.</i>							5				
Тема 7. <i>Віброгладжування і віброобкатування.</i>	7	2				5	6				6
Тема 8. <i>Віброударна обробка.</i>	8	2				6	4				4
Тема 9. <i>Інструменти і робочі тіла, що використовуються при ППД. Робочі тіла і робочі середовища для ударних методів ППД.</i>	7	2				5	4				4
Разом за змістовим модулем 2	<b>50</b>	<b>12</b>			<b>6</b>	<b>32</b>	<b>47,5</b>	<b>1,5</b>		<b>2</b>	<b>44</b>
<b>МОДУЛЬ 3</b>											
<b>Змістовий модуль 3. Методи лазерного, електронно-променевого, плазмового та детонаційного зміцнення деталей машин. Магнітне зміцнення деталей машин.</b>											

Тема 10. <i>Методи лазерного, електронно-променевого, плазмового та детонаційного зміцнення деталей машин.</i>	20	6			10	14,5	1,5				13
Тема 11. <i>Вакуумне іонно-плазмове зміцнення, іонне магнетронне розпилення, іонне легування.</i>	20	4		2	6	12	2,0				10
Тема 12. <i>Магнітне зміцнення деталей машин.</i>		2			6	13.5					13.5
Разом за змістовим модулем 3	<b>40</b>	<b>12</b>		<b>8</b>	<b>22</b>	<b>40</b>	<b>3,5</b>				<b>36.5</b>
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>30</b>		<b>14</b>	<b>76</b>	<b>120</b>	<b>6</b>		<b>2</b>		<b>112</b>

#### 4 ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

Надається частковий перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні дисципліни „Зміцнюючі технології у виробництві деталей машин”. Слід мати на увазі, що джерела, які можуть бути використані, не обмежуються тільки цим переліком.

1. Інтегровані технології обробки матеріалів [Текст]: підручник / Е.С. Геворкян, Л.А. Тимофеева, В.П. Нерубацький та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2016 – 238 с.

2. Погребна Н.Е., Куцова В.З., Котова Т.В. Способи зміцнення металів: Навчальний посібник.- Дніпро: НМетАУ, 2021,- 89 с.

3. Методи поверхневого зміцнення у процесі виготовлення деталей машин: навч. посіб. / А.Г.Фесенко та [ін.] – Д.: РВВ ДНУ, 2015. – 104 с.

4. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 – Прикладна механіка, 133 – Галузеве машинобудування /І.Е.Яковенко, О.А.Пермяков, А.В.Фесенко – Харків: НТУ «ХП», 2022. – 421 с.

5. Технологічне прогнозування. Вступний курс: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка та 133 – Галузеве машинобудування /О.А.Пермяков, І.Е.Яковенко – Харків: НТУ «ХП», 2022. – 160 с.