

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Український державний університет науки і технологій**

---

Кафедра «Галузевого машинобудування»

*В авторській редакції*

# **НАДІЙНІСТЬ, РЕМОНТ ТА МОНТАЖ МАШИН ТА УСТАТКУВАННЯ**

Навчально-методичні рекомендації  
та контрольні завдання

ДНІПРО  
2025

УДК 669.04-049.32(079.1)

Н 17

Упорядники:

*В. В. Поворотній, Г. І. Толстіков*

Електронний аналог  
друкованого видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми  
133 «Галузеве машинобудування»

Протокол № 1 від 04.09.2024 р.

Н 17        Надійність, ремонт та монтаж машин та устаткування :  
навчально-методичні рекомендації та контрольні завдання /  
упоряд. В. В. Поворотній, Г. І. Толстіков ; Укр. держ. ун-т науки і  
технологій. – Дніпро : УДУНТ. – 2025. – 29 с.

В навчально-методичних рекомендаціях викладено скорочений огляд дисципліни «Надійність, ремонт та монтаж машин та устаткування». Наведений перелік основних тем та питань для самоперевірки.

Навчально-методичні рекомендації призначені для опанування освітньої компоненти «Надійність ремонт та монтаж машин та устаткування» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» для ОПП «Галузеве машинобудування» освітнього рівня бакалавр.

Табл. 5, бібліогр. 8 назв.

## Зміст

ВСТУП	4
1. НАДІЙНІСТЬ ТА ДОВГОВІЧНІСТЬ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ	4
1.1 Термінологія, основні кількісні характеристики надійності та довговічності	4
1.2 Основи розрахунку надійності машин за допомогою методів математичної статистики	5
1.3 Причини, що спричиняють втрату працездатності деталей машин	6
1.4 Розрахунок машин на довговічність при змінних навантаженнях	7
1.5 Визначення терміну служби деталей обладнання за результатами їх експлуатації та планування ремонтів	8
1.6 Методи забезпечення та підвищення надійності та довговічності машин	8
1.7 Ефективність підвищення надійності та довговічності обладнання	9
2 МОНТАЖ МЕТАЛУРГІЙНИХ МАШИН І АГРЕГАТІВ	10
2.1 Принципи організації монтажних робіт у металургійній промисловості. Підготовка та організація монтажу металургійного обладнання. Загальні принципи складання та монтажу	10
2.2 Такелажні роботи	11
2.3 Фундаменти під обладнання та кріплення до них машин. Встановлення базових деталей у проектне положення	12
2.4 Балансування деталей, що обертаються	12
2.5 Складання типових елементів та вузлів машин	13
2.6 Монтаж металоконструкцій основних металургійних цехів	15
2.7 Монтаж устаткування основних металургійних цехів	16
3 РЕМОНТ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ	18
4 ЗМАЩЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ	19
5 ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИКОНАННЯ	22
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	28

## ВСТУП

Дисципліна "Надійність, ремонт та монтаж машин та устаткування» складається з 4-х частин: надійність металургійного обладнання (розділ 1); монтаж металургійних машин і агрегатів (розділ 2); ремонт устаткування підприємств металургійної промисловості (розділ 3); експлуатація, технічне обслуговування та змащування металургійного обладнання (розділ 4).

Методичні рекомендації і контрольні завдання складені відповідно до затвердженої Міністерством освіти і науки України програмою курсу, в якій викладено його зміст, визначено мету і завдання.

Дисципліна "Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин» базується на використанні знань всіх раніше вивчених дисциплін. У разі необхідності студент повинен звертатися до раніше пройдених дисциплін для кращого розуміння і засвоєння курсу.

Дана дисципліна безпосередньо вводить студента в коло питань його майбутньої діяльності як механіка по металургійному обладнанню.

При вивченні розділів дисципліни, а також при виконанні контрольних завдань необхідно користуватися не тільки рекомендованою основною та додатковою літературою, проектними і заводськими матеріалами, документацією ремонтних і монтажних організацій.

Основними методами освоєння дисципліни є самостійне вивчення матеріалу з літератури і практичне знайомство з методами монтажу, ремонту, експлуатації, технічного обслуговування і системами змащення обладнання шляхом відвідування основних цехів металургійних заводів в період практик.

Для кращого засвоєння дисципліни і придбання навичок в проведенні розрахунків на довговічність, складанні схем складання і монтажу обладнання, виборі і розрахунку коштів для проведення монтажу, а також для визначення параметрів мастильних систем видається індивідуальне контрольне завдання на розсуд викладача, яке повинно бути здано до початку відповідної сесії. Контрольне завдання видається в період настановних сесій.

При вивченні дисципліни, виконання контрольного завдання студент повинен проявляти максимальну самостійність і ініціативу.

Для засвоєння дисципліни в межах затвердженої програми досить вивчити кожен розділ по одному з основних навчальних посібників. Додаткова література служить для більш детального ознайомлення з окремими питаннями і особливо корисна при виконанні дипломних проектів.

## **1 НАДІЙНІСТЬ ТА ДОВГОВІЧНІСТЬ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ**

### **1.1 Термінологія, основні кількісні характеристики надійності та довговічності**

#### Методичні рекомендації

При вивченні цього розділу слід добре знати і уявляти сутність основних термінів та характеристик надійності і довговічності. Зручно при цьому використовувати конструкцію добре знайомої машини, агрегату чи комплексу

механізмів будь-якої ділянки доменного, сталеплавильного або прокатного цеху. Добре мати кількісну оцінку показників надійності і довговічності одного з об'єктів металургійного обладнання. Для кращого засвоєння матеріалу, деякі характеристики потрібно виконати графічно за наявними кількісними показниками цеху [1, 2].

Необхідно звернути увагу на шляху забезпечення необхідної надійності машин при виготовленні і експлуатації, взаємозв'язок рівня надійності обладнання і організаційних форм проведення його ремонтів. Важливо підкреслити, що постійний розвиток і застосування в металургійній промисловості безперервних процесів і безперервних агрегатів вимагають значного підвищення надійності металургійного обладнання.

#### Питання для самоперевірки

1. Роль безперервності металургійних процесів та агрегатів у підвищенні вимог до надійності металургійних машин.
2. Відмінність між системами, що відновлюються і не відновлюються.
3. Відмінність між працездатністю та довговічністю.
4. Навести приклади фізичного та морального зносу машин.
5. Кількісна оцінка ресурсу машини.
6. Визначення ймовірності безвідмовної роботи та її математичний вираз.
7. Математичний вираз частоти відмов.
8. Відмінність між послідовним, паралельним і змішаним з'єднаннями в системах.
9. Відмінність між ресурсом та терміном служби машини.

### **1.2 Основи розрахунку надійності машин за допомогою методів математичної статистики**

#### Методичні рекомендації

Вивчаючи цей розділ, особливу увагу зверніть на математичний опис основних понять, законів, положень. Уявіть фізичну сутність явищ, що вивчаються, їх геометричний і графічний опис. Щоб краще засвоїти матеріал, спробуйте його вивчити на прикладах із заводської практики, пов'яжіть всі явища з реальними подіями, що відбуваються в житті. При математичному описі досліджуваних явищ прагніть визначити кількісні характеристики на конкретних прикладах. Основи теорії імовірностей та математичної статистики краще вивчати по якомусь одному з рекомендованих джерел [3-5].

#### Питання для самоперевірки

1. Математичний опис ймовірності події.
2. Відмінність між дискретною та безперервною випадковими величинами.

3. Математичне вираження ймовірності попадання випадкової величини в заданий інтервал.
4. Сенс та значення моди та медіани.
5. Відмінність між середнім арифметичним та середнім квадратичним відхиленнями.
6. Сенс та значення асиметрії та ексцесу.
7. Існуючі закони розподілу.
8. Відмінність між нормальним та логарифмічно нормальним законами розподілу.
9. Властивості, що характеризують ймовірність.
10. Використовувані для вирішення завдань надійності теореми теорії ймовірностей.
11. Поняття марковських випадкових процесів.
12. Правила визначення довірчих інтервалів.

### **1.3 Причини, що спричиняють втрату працездатності деталей машин**

#### **Методичні рекомендації**

Вивчаючи види руйнувань, потрібно добре уявляти в чому відмінність раптового руйнування від втомного, при яких напругах з'являються умови для таких руйнувань. Види втомних руйнувань краще вивчати за класифікацією проф. Гребеніка В.М, завідуючого кафедри механічного обладнання ДМетІ. Для кращого засвоєння матеріалу навантаження в машинах, що виникають, потрібно розглянути на графіках конкретного навантаження того чи іншого типу машини[6].

Як правило, зниження втомної міцності відбувається в деталях, що мають різкі місця переходів, різні товщини стінок: виступи, поглиблення і т.д. Підвищити їх втомну міцність можна застосуванням різних конструктивних прийомів. На це слід звернути особливу увагу. Широко поширені прийоми типу жолобників, викруток, піднутрень потрібно добре представляти. Необхідно чітко уявити, на якому етапі існування машини потрібно використовувати ті чи інші фактори, що підвищують довговічність, як окремих деталей, так і в цілому агрегату. Найкраще уявити це графічно. Засвойте роль мастила, організації якісного та своєчасного проведення ремонтів, призначення та роль запобіжних пристроїв у справі підвищення надійності машини.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Перелічити види тертя, навести приклади.
2. Ознаки та причини виникнення зносу.
3. Назвати види та форми зносу деталей машин на конкретних прикладах.

4. Види зносу зубчастих коліс та підшипників кочення.
5. Методи визначення зносу деталей машин.
6. Чим відрізняється раптова руйнація від втомного?
7. Які види втомних зламів при різних типах навантаження?
8. Оптимальна геометрія жолобника.
9. Якими прийомами можна підвищити надійність та довговічність машини на стадії виготовлення?
10. Типи запобіжних пристроїв, що застосовуються в металургійних машинах.
11. Роль мастила у зниженні зносу деталей машин.
12. У чому полягає сенс зміцнюючої обробки?

#### **1.4 Розрахунок машин на довговічність при змінних навантаженнях**

##### Методичні рекомендації

Насамперед, потрібно добре уявити фізичний зміст граничного стану. За складеними для себе графіками засвоїти характеристики циклічного навантаження при симетричному, асиметричному та пульсуючому циклах. На конкретних прикладах розберіть методи систематизації режимів навантаження. Необхідно добре засвоїти зміст та значення кривих втоми для розрахунків. При вивченні методики розрахунку довговічності, використовуйте конкретний приклад розрахунку, наведений у джерелах, з детальним його розбором [6].

##### Питання для самоперевірки

1. Система коефіцієнтів запасів міцності.
2. Чим відрізняються граничні стани при статичних і втомних розрахунках?
3. Який тип циклічного навантаження відчуває шпindelь прокатного стану?
4. Що таке кореляція?
5. Як побудувати гістограму навантаження валків прокатного стану?
6. Фізичний зміст лінійного закону підсумовування ушкоджень.
7. Чим відрізняється дискретний режим навантаження від безперервного?
8. Як розуміти сенс розрахунку на обмежену довговічність?
9. У чому переваги використання для розрахунків кривих втоми в системі логарифмічних координат?
10. Як розуміти стаціонарний та нестаціонарний режими навантаження?
11. Математичне вираження запасу міцності із заданою ймовірністю.
12. У чому значення втомних випробувань для розрахунків?
13. Як за результатами втомних випробувань визначається точка перегину кривої втоми?
14. Чому використовують логарифмічну шкалу при побудові кривої втоми?
15. Правила побудови кореляційних таблиць.
16. Закономірність впливу основних факторів на параметри кривих втоми.

## **1.5 Визначення терміну служби деталей обладнання за результатами їх експлуатації та планування ремонтів**

### Методичні рекомендації

Заводська статистична інформація про терміни служби та причини виходу з ладу деталей машин має важливе значення, бо за її даними після відповідної математичної обробки можна судити про достовірність розрахунків, періодичність виходу з ладу деталей, необхідний парк запасних деталей і т.д. Тут необхідно усвідомити який вид інформації потрібно систематизувати, у якій формі має бути проведена ця систематизація тощо. Важливо при цьому враховувати величину напруги навантаження, число циклів до руйнування, причини, що викликали втрату працездатності. Необхідно знати, які методи потрібно використовувати для обробки статистичної інформації та які цілі переслідує ця обробка [4-5].

### Питання для самоперевірки

1. Яку заводську інформацію потрібно використовувати для визначення термінів служби валка прокатного стану?
2. Як визначити кількість циклів до руйнування однієї з деталей головної лінії прокатного стану?
3. Які критерії оцінок використовуються при математичній обробці статистичної інформації?

## **1.6 Методи забезпечення та підвищення надійності та довговічності машин**

### Методичні рекомендації

Вивчаючи цей розділ, потрібно засвоїти, які способи підвищення надійності і довговічності використовуються на тій чи іншій стадії існування машин. Зверніть увагу на сутність способів легування металів, добавки, яких легуючих елементів і якою мірою змінюють властивості сталі. Розберіться в комплексі питань, що покращують якість виготовлення деталей. Зупиніться на питаннях, пов'язаних з контролем якості деталей, що виготовляються [6].

Вивчаючи методи зміцнення деталей, а також методи підвищення їхньої зносостійкості, корисно порівняти ці методи між собою з точки зору їхньої технологічності, ефективності, економічності тощо. Розглядаючи методи наплавлення деталей, зверніть особливу увагу на наплавлення твердими сплавами, електродугове наплавлення бронзовими електродами, електрошлакове і електровібраційне наплавлення, а також технологічні процеси, такі як приварювання бронзових пластин і перезаливання підшипників бабітом.

Вивчіть процес металізації та усвідомте його переваги та недоліки. Зверніть увагу на багатоцільове призначення гальванічних покриттів. Засвойте відмінність методів термічного зміцнення деталей, технології їх проведення, властивостей

деталі після обробки та призначення об'ємного та поверхневого загартування. Зверніть увагу на методи нагрівання деталей та способи загартування. Слід засвоїти також, що таке сорбітизація. Вивчаючи методи поверхневої пластичної деформації деталей, порівняйте їх за ефективністю, продуктивності та економічністю, також по можливості за доцільністю застосування в кожному конкретному випадку.

#### Питання для самоперевірки

1. Якими елементами потрібно легувати сталь для підвищення її зносостійкості?
2. Розкажіть про систему управління якістю продукції, що випускається на передових машинобудівних підприємствах.
3. Назвіть методи та область застосування наплавлення деталей.
4. Яка технологія перезаливання підшипників бабітом?
5. Чим відрізняється наплавлення бронзовими електродами від приварювання бронзових пластин?
6. Що таке металізація, як вона проводиться і які її переваги та недоліки?
7. З якою метою наносяться гальванічні покриття?
8. Чим відрізняється об'ємне загартування від поверхневого, в якому випадку застосовується те чи інше?
9. Перерахуйте методи нагрівання деталей та способи проведення їх загартування
10. Що таке сорбітизація?
11. Перерахуйте методи поверхнево-пластичної деформації. Навіщо вона застосовується? Наведіть приклади.

### **1.7 Ефективність підвищення надійності та довговічності обладнання**

#### Методичні рекомендації

Вивчаючи цей розділ, розмежуйте, перш за все, фактори, які залежать від підприємства-виробника та підприємства-споживача обладнання. Покажіть, які з цих факторів є найбільш ефективними і які з них потрібно використовувати в першу чергу. На прикладі будь-якого типу металургійного обладнання покажіть, як проводиться аналіз економічної ефективності надійності та довговічності. Наведіть математичні залежності оцінки економічної доцільності проведення витрат на підвищення надійності і довговічності. Поясніть зміст математичних залежностей [6].

#### Питання для самоперевірки

1. Перерахуйте чинники, що впливають на економічну ефективність надійності і довговічності на підприємстві-виробникові обладнання.
2. Як оцінити економічну ефективність поверхнево-пластичного деформування натискного гвинта прокатного стану?

3. Розкажіть та покажіть на конкретних прикладах у яких випадках економічно доцільно застосовувати той чи інший вид зміцнювальної обробки.

4. Розкажіть про комплекс заходів, які потрібно застосовувати для підвищення надійності електрогармати.

## **2 МОНТАЖ МЕТАЛУРГІЙНИХ МАШИН І АГРЕГАТІВ**

### **2.1 Принципи організації монтажних робіт у металургійній промисловості. Підготовка та організація монтажу металургійного обладнання. Загальні принципи складання та монтажу**

#### Методичні рекомендації

У цьому розділі необхідно усвідомити, які організації ведуть монтажні роботи при будівництві нових цехів та агрегатів, при капітальних ремонтах та реконструкціях діючих агрегатів, форми та порядок залучення тих та інших, а також як спеціалізовані ці організації.

Потрібно засвоїти основні поняття та визначення, форми організації та способи проведення складання, відмінність стаціонарного складання від конвеєрного та концентрованого способу її проведення від диференційованого. Звернути увагу на можливості зниження витрат на виготовлення деталей та складальні операції шляхом варіювання методами складання, особливо зупинившись на методах неповної взаємозамінності та групового підбору. Усвідомити організацію монтажно-складальних робіт та зміст проекту організації робіт (ПОР). При вивченні монтажних робіт необхідно звернути увагу на відмінності між методами закінченого нульового циклу і поточним, а також між суміщеним методом монтажу та методом монтажу блоками-вузлами[7].

У геодезичному обґрунтуванні монтажу слід особливу увагу звернути на систему висотних та осьових позначок, різницю між головними, допоміжними та робочими осями та реперами.

#### Питання для самоперевірки

1. Які організації ведуть монтажні роботи у металургійній промисловості?
2. Які підрозділи металургійних заводів виконують невеликі обсяги будівельно-монтажних робіт?
3. Хто виконує монтажні роботи на капітальних ремонтах та при реконструкції діючих агрегатів?
4. Які форми організації ремонтів? Наскільки від них залежить надійність обладнання?
5. Які існують організаційні форми складання та способи її проведення?
6. Перерахуйте методи складання та розкрийте їх сутність.
7. Яким є зміст ПОР?
8. Що таке графік виконання робіт?

9. Перерахуйте методи організації та проведення монтажних робіт на металургійних заводах та проілюструйте їх прикладами.
10. Що таке геодезичне обґрунтування монтажу? Назвіть відмінності та наведіть приклади нанесення системи відміток та вкажіть, якими осями агрегатів поєднуються ті чи інші монтажні осі?

## 2.2 Такелажні роботи

### Методичні рекомендації

Насамперед слід усвідомити різницю між такелажними засобами, такелажними спорудами та вантажопідйомними механізмами. При вивченні такелажних засобів слід приділяти увагу особливостям експлуатації тросів, правилам зачалки стропів, стропування вантажів, конструкціях гаків, траверс, спеціальних вантажозахоплювальних пристроїв. Вивчити конструкції та роботу поліспаств, монтажних лебідок, монтажних щоглів, стрічкових підйомників, порталів, шеврів та ін., методи перевезення та розвантаження великогабаритних та великовагових вузлів обладнання, а також методи переміщення великих блоків обладнання на фундаменти після їх попереднього збирання осторонь[8].

Значна увага має бути приділена питанням безпеки під час виконання такелажних робіт.

### Питання для самоперевірки

1. Що називають такелажними роботами?
2. Що прийнято називати такелажними засобами, такелажними спорудами та вантажопідйомними механізмами?
3. Як виготовляються та за якими ознаками бракуються чолочні стропи?
4. Що таке коуш?
5. Як розраховується канат для виготовлення стропів?
6. Які основні дані про сталевий канат вказуються у його сертифікаті?
7. Що таке поліспасти і як він влаштований? Чим визначається його кратність?
8. Як розрахувати тягове зусилля на приводній галузі каната поліспасти?
9. Як влаштована та як встановлюється монтажна щогла?
10. Що таке шевра і як він влаштований?
11. Як влаштована і навіщо застосовується лебідка?
12. Які бувають домкрати?
13. Які вантажопідйомні механізми використовують для такелажних робіт?
14. Як перевозять і розвантажують великогабаритні та великовагові вантажі?
15. Як підтягують великі блоки обладнання на фундамент?
16. Основні методи стропування вантажів.
17. Які такелажні засоби та пристосування використовуються для виконання такелажних робіт?
18. Розкажіть про основні правила безпеки під час виконання такелажних робіт.

## **2.3 Фундаменти під обладнання та кріплення до них машин. Встановлення базових деталей у проектне положення**

### Методичні рекомендації

Основними особливостями фундаментів під металургійне обладнання є їх велика маса та складна конфігурація. Усвідомте призначення та умови з яких визначаються їх основні розміри – глибина закладення, площа подошви, маса. У яких випадках застосовується той чи інший матеріал виготовлення фундаменту. Зверніть увагу на засоби захисту фундаментів при високому рівні підґрунтових вод і при роботі в агресивних середовищах[7].

Важливою частиною фундаменту є заставні частини та, насамперед, анкерні болти. Вивчіть типи анкерних болтів, випадки їх застосування та способи встановлення та кріплення в фундаменті. Усвідомте сенс правил і норм на приймання фундаментів під монтаж.

### Питання для самоперевірки

1. У чому призначення фундаментів?
2. Чим визначається глибина закладання фундаменту?
3. Чим визначаються розміри подошви фундаменту?
4. Чим визначаються розміри у плані верхньої частини фундаменту?
5. Які матеріали використовуються для спорудження фундаментів? Від чого залежить маса фундаменту?
6. Які заставні частини використовуються при спорудженні фундаментів; у чому полягає їхня роль?
7. Намалюйте типи анкерних болтів. Чим вони відрізняються один від одного, у яких випадках застосовуються і як кріпляться у фундаментах? У чому їхнє призначення?
8. В якій залежності знаходяться тип болта та його діаметр?
9. Як досягається правильність встановлення анкерних болтів у фундаментах?
10. Що таке кондуктор і навіщо він застосовується?
11. Що є базовою деталлю робочої кліти прокатного стану?
12. Плазово-блоковий метод встановлення фундаментних болтів.
13. Правила підливання базових деталей.

## **2.4 Балансування деталей, що обертаються**

### Методичні рекомендації

Вивчення балансування почніть із з'ясування видів неврівноваженості, потім розгляньте методи статичного балансування та порівняйте їх точність. Слід

звернути увагу на балансування великого конуса завантажувального пристрою доменної печі, усвідомити, для чого вона проводиться. Зрозумійте, з яких умов розраховується допустима незбалансованість. Розглядаючи динамічне балансування, з'ясуйте, чим воно відрізняється від статичного і як проводиться [7, 8].

#### Питання для самоперевірки

1. Назвіть види неврівноваженості деталей та вузлів машин і розкрийте їх сутність.
2. Перерахуйте методи статичного балансування деталей.
3. Як здійснюється розрахунок допустимої незбалансованості деталі?
4. Яка технологія балансування на призмах та роликах?
5. Як здійснюється динамічне балансування?
6. Якими є критерії для проведення балансування?

### **2.5 Складання типових елементів та вузлів машин**

#### Методичні рекомендації

Монтаж механічного обладнання металургійних цехів включає цілий комплекс різних робіт, пов'язаних зі складанням типових елементів і вузлів машин. Тому вміння добре та якісно провести їх складання є важливим завданням кожного монтажника. Перш ніж переходити до вивчення питань щодо обирання типових вузлів, уважно вивчіть, з яких операцій складається технологічний процес складання, який її обсяг та порядок. Ознайомтеся з основними поняттями та визначеннями, що застосовуються у монтажній та ремонтній термінології. Потім вивчіть процеси та операції, що виконуються при складанні великих машин, характеристики різних з'єднань деталей і вузлів, види слюсарно-пригонкових робіт. Зверніть увагу на правила складання з'єднань з гарантованим натягом або зазором, на класифікацію, особливості та застосування відмінностей різьблення, слюсарно-складальний інструмент та контроль якості складальних операцій. Зверніть увагу на методи затягування великих болтів, а також на відмінності у збиранні шпонкових з'єднань залежно від типу шпонок. При вивченні нерухомих нероз'ємних з'єднань зверніть увагу на різницю між вимірюваним, гарантованим та дійсним натягами, а також з'ясуйте, як виходить гарантований зазор (проміжок) при складанні з'єднань з натягом [1, 7, 8].

Зверніть увагу на особливості підгонки вкладишів до корпусів та до шийок валів, а також на особливості підгонки до зацепів вкладишів кривошипно-шатунних передач та опорних підшипників. Усвідомте методи перевірки співвісності підшипників ковзання та зверніть особливу увагу на перевірку співвісності кількох підшипників за допомогою струни з урахуванням її провисання. Зверніть увагу на методи встановлення, контролю та регулювання зазорів у підшипниках ковзання, пристрої мастильних канавок та холодильників.

При вивченні монтажу підшипників кочення засвойте правило посадок підшипників кочення і з'ясуйте їх необхідність. Вкажіть різницю у монтажі дрібних та великих підшипників. Зверніть увагу на можливість регулювання та перевірку зазорів у підшипниках кочення. Вивчаючи монтаж валів та муфт, зверніть увагу на методи перевірки співвісності, паралельності, перпендикулярності та вертикальності валів; методи встановлення та перевірки зазорів у підшипниках. При цьому корисно порівняти перевірку зазорів у двоопорних і багатоопорних валах [1, 7, 8].

Вивчаючи монтаж зубчастих передач, слід засвоїти, які параметри зубчастого зачеплення підлягають перевірці, якими способами та інструментом. Усвідомте, в якій залежності знаходяться параметри зубчастого зачеплення і як по одному судити про правильність інших. Наприклад, як за положенням плями контакту можна судити про міжцентрову відстань, перекося і паралельність валів шестерень, або як про ті ж параметри судити за величиною бічного і радіального зазорів і т.д. Зверніть увагу на особливості монтажу круговинних, конічних та черв'ячних передач.

При вивченні монтажу ланцюгових та ремінних передач, треба звернути увагу на контроль та величину необхідного провисання гнучкого органу, перевірку паралельності та перекося шківів, роликів та зірочок валів.

#### Питання для самоперевірки

1. Назвіть монтажні-складальні операції, інструмент для їх проведення та випадки застосування.
2. Що спільного та які відмінності у методах затягування великих болтів?
3. У чому відмінність у складанні з'єднання є призматичними і клиновими шпонками?
4. Напишіть формули для визначення зусилля запресування та розпресування, у чому їхня різниця і чому?
5. Що таке вимірюваний, гарантований і дійсний натяг і як виходить зазор при збиранні з'єднань з натягом?
6. Як проводиться складання поздовжньо- і поперечно-пресових з'єднань, яке з них за інших рівних умов буде міцнішим і чому?
7. Перерахуйте види з'єднань у металургійному машинобудуванні, розкрийте сутність кожного з них на прикладах.
8. Перерахуйте способи стопоріння від самовідгвинчування.
9. Перерахуйте методи вивіряння опор підшипників.
7. Як проводиться пригін вкладишів до корпусів і шийок валків?
8. Як проводиться установка та перевірка зазорів у підшипниках?
9. Сформулюйте та поясніть зміст правила посадок підшипників кочення.
10. Перерахуйте підготовчі операції під час монтажу підшипників кочення.
11. Якою є технологія монтажу підшипників кочення?

12. Напишіть формули для визначення зусилля запресування підшипника при холодному напресуванні та температурі його нагрівання при складанні з нагріванням.
13. Перерахуйте допоміжні та основні операції при монтажі валів.
14. Назвіть методи перевірки співвісності валів і муфт і сутність кожного з них.
15. Назвіть методи проварювання паралельності валів та розкрийте їх сутність.
16. Які методи перевірки перпендикулярності та вертикальності валів?
17. Призначення, способи та норми контролю плями контакту в зубчастих передачах.
18. Як перевіряються радіальний та бічний зазори, а також радіальне та торцеве биття в зубчастих передачах?
19. Якими методами перевіряється міжцентрова відстань у зубчастих передачах?
20. Як проводиться розрахунок товщин прокладок у черв'ячній передачі при регулюванні суміщення осі черв'яка із середньою площиною колеса?
21. У чому особливість монтажу ланцюгових та ремінних передач?

## **2.6 Монтаж металоконструкцій основних металургійних цехів**

### Методичні рекомендації

Уясніть загальні принципи та відмінність монтажу листових та гратчастих металоконструкцій. Зверніть увагу на послідовність монтажу листових металоконструкцій на прикладі кожуха доменної печі та повітрянагрівача. Уясніть, у чому різниця методів монтажу кожухів повітрянагрівачів та порівняйте їх між собою, а також як ведеться вивірка кожухів та перевірка їхньої герметичності [1, 7, 8].

На прикладі рудного перевантажувача та похилого моста усвідомити методи монтажу гратчастих металоконструкцій. Порівняйте між собою методи монтажу рудних перевантажувачів за якістю, термінами виконання робіт та можливості застосування того чи іншого методу в умовах діючого цеху. Вивчаючи монтаж мостових кранів, розгляньте різні способи їх встановлення та приділіть увагу монтажу важких металургійних кранів.

### Питання для самоперевірки

1. Зобразіть схему монтажу кожуха доменної печі та позначте цифрами послідовність монтажу елементів.
2. Як проводиться вивірка елементів та всього кожуха доменної печі?
3. Перерахуйте методи монтажу кожухів повітрянагрівачів та відмінність їх один від одного.
4. Як проводиться монтаж трубопроводів?
5. Як перевіряється герметичність листових кожухів та трубопроводів?
6. У чому відмінність методів монтажу похилого мосту та можливість застосування їх у конкретних умовах?

7. Зобразіть схему та поясніть, як здійснюється підйом моста перевантажувача стрічковим підйомником.
8. Зобразіть та розкажіть, як проводиться монтаж рудного перевантажувача на тимчасових опорах.
9. Перерахуйте методи монтажу мостових кранів і назвіть у яких випадках застосовується той чи інший метод.
10. Назвіть методи встановлення колон будівель.
11. Як здійснюється монтаж металоконструкцій мартенівських цехів?
12. У чому особливість монтажу металоконструкцій мартенівських цехів?
13. Монтаж металоконструкцій киснево-конвертерних цехів.
14. Як проводиться монтаж металоконструкцій прокатних цехів?

## **2.7 Монтаж устаткування основних металургійних цехів**

### **Методичні рекомендації**

Різноманітність металургійного устаткування дозволяє розглянути монтаж всієї його номенклатури. Тому цей процес розглядають на прикладі окремих, найскладніших у монтажі машин та агрегатів. Прикладом монтажу доменного обладнання може бути пристрій доменної печі.

Особливу увагу слід звернути на підготовчі операції: перевірку щільності сполучення корпусу і чаші, балансування великого конуса. Необхідно засвоїти методи монтажу завантажувальних пристроїв. Розглядаючи питання центрування конуса та чаші, слід засвоїти типовий метод центрування[1, 7, 8].

Вивчаючи монтаж лебідки маневрування конусами, необхідно засвоїти послідовність з'єднання ланцюгів та канатів. При вивченні монтажу скіпової лебідки слід усвідомити, чому вона має вагу та розміри більші, ніж лебідка маневрування конусами, незважаючи на те, що остання має більшу вантажопідйомність. Зверніть увагу на монтаж станини та запасування канатів. Порівняйте методи монтажу скіпової лебідки та лебідки маневрування конусами. Зверніть увагу на особливість монтажу шибєрів повітрянагрівачів та перевірку їх на герметичність.

Порівняйте методи з'єднання елементів арматури з кожухами та трубопроводами при великому та малому діаметрах труб. При вивченні монтажу конверторів порівняйте метод і послідовність операцій монтажу типових великовантажних конвертерів.

Монтаж прокатного обладнання рекомендується розглянути з прикладу робочих і шестеренних клітей, рольгангів і т.д. Засвоїть особливість монтажу плитовин та станин робочих клітей, а також встановлення зазорів у зачепленні та підшипниках шестеренних клітей. При розгляді монтажу рольгангів необхідно звернути увагу на порядок вивірювання та оборки станин, їх з'єднання траверсами, укладання роликів.

## Питання для самоперевірки

1. Перерахуйте підготовчі операції під час монтажу завантажувального пристрою та розкрийте його сутність.
2. Якою є послідовність монтажу завантажувального пристрою доменної печі?
3. У чому є сутність центрування конусів завантажувального пристрою доменної печі, за рахунок чого і з якою точністю вона проводиться?
4. Для яких цілей застосовується контрольне складання?
5. У чому відмінність монтажу скіпової лебідки та лебідки маневрування конусами?
6. Яка послідовність з'єднання ланцюгів та канатів лебідки маневрування конусами?
7. Як забезпечується та перевіряється герметичність шибера?
8. Як з'єднуються та монтуються трубопроводи?
9. Які особливості монтажу вентиляторів та димососів?
10. У чому відмінність монтажу конвертерів середніх та великовантажних?
11. Назвіть характерну особливість монтажу прокатного обладнання?
12. Як проводиться установка плитовин робочих клітей?
13. Як проводиться установка станин робочих клітей?
14. Перерахуйте послідовність операцій при монтажі шестеренної кліті.
15. Як проводиться монтаж рольгангів з груповим приводом?
16. Як проводиться вивірка роликів рольгангу?

### 3 РЕМОНТ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

#### Методичні рекомендації

Розберіться у формах проведення ремонтів на металургійних заводах. Яка їхня перспектива розвитку. Засвойте сухість системи ППР. На прикладі будь-якого металургійного заводу складіть структурну схему ремонтної служби. Вивчіть методи, що використовуються для визначення дефектів у деталях.

Слід засвоїти який склад технічної документації, яка потрібна на проведення ремонту, хто її складає і який обсяг її інформації. Далі зупиніться на двох основних методах ремонту деталей: а) переточування деталі до наступного ремонтного розміру; б) відновлення зношеної поверхні до проектного стану.

Зупиніться на ремонті деталей обладнання. При ремонті валів зверніть увагу на відновлення їх посадкових місць, виправлення їхньої кривизни, скручування, зминання шпонкових пазів і т.д.; при ремонті зубчастих передач - на норми та методи відновлення зубів, ремонт ободів, маточок тощо. Уясніть методи ремонту базових деталей.

Оскільки ремонт всього різноманіття металургійного обладнання в рамках даного курсу розглянути неможливо, зупинимося на тих агрегатах, які найбільш складні в плані технології проведення ремонту. Таким агрегатом є доменна піч. Слід усвідомити, які види ремонту доменних печей, їх періодичність і тривалість, обсяг робіт цих ремонтів і які з робіт визначають тривалість ремонтів. При заміні завантажувального пристрою доменної печі необхідно засвоїти типову технологію, а також варіанти розукрупненої, великовузлової та агрегатної заміни. Корисно порівняти між собою всі варіанти та показати перевагу великовузлової заміни над типовою, а також з'ясувати, в якому випадку може бути застосований той чи інший варіант.

При розгляді ремонтів першого розряду та реконструкції доменних печей необхідно засвоїти сучасні методи реконструкції, усвідомити, виходячи з чого вибирається той чи інший метод[1, 7, 8].

Вивчаючи метод насування металургійних печей, треба звернути увагу на влаштування шляхів насувки та стендів для збирання печі, усвідомити призначення проміжних стендів для пересування печей. Зрозумійте, в чому відмінність пересування та встановлення на фундамент блоків печей залежно від їх ваги, а також чітко уявіть, як відбувається зсув печі з місця та подальше її переміщення.

При розгляді ремонту доменних печей на основному фундаменті необхідно засвоїти, які роботи можуть бути проведені до зупинки печі, як проводиться контрольне та укрупнене складання вузлів. Усвідомте етапи монтажу доменної печі та обсяг робіт, що виконуються при цьому, а також обсяг будівельно-монтажних робіт, які проводяться паралельно основним потоком. Необхідно засвоїти також, як забезпечується механізація, багатоярусність та безпека проведення робіт при цьому.

При ремонті сталеплавильного обладнання зверніть увагу на використання крана заливки. Розгляньте схему вивірювання та розмітки опорного кільця конвертера. З'ясуйте особливості ремонту обладнання прокатних цехів.

### Питання для самоперевірки

1. Які існують форми проведення ремонтів на металургійних заводах?
2. Чим відрізняються відомості дефектів від агрегатних журналів?
3. Як визначається черговий ремонтний розмір деталі?
4. Як проводиться ремонт великих деталей?
5. Яка технологія ремонту валів?
6. Які особливості ремонту зубчастих передач в залежності від їхньої відповідальності?
7. Перерахуйте види та періодичність ремонтів доменних печей, обсяг робіт та виділіть роботи, які визначають тривалість ремонтів.
8. Яка технологія заміни завантажувального пристрою?
9. З яких міркувань вибирається той чи інший варіант заміни завантажувального пристрою?
10. Які сучасні методи реконструкції доменних печей та як вибирається той чи інший метод реконструкції?
11. Зобразіть схему стенда для складання та насунання блоку доменної печі з вогнетривкою кладкою?
12. Що являє собою шлях насувки для різної ваги блоків, що пересуваються?
13. Що таке проміжний стенд і навіщо він потрібний?
14. З яких умов вибирається розташування стенду для збирання та насунання печі?
15. У чому особливості пересування та встановлення на фундамент блоків печей залежно від їхньої ваги?
16. Які будівельно-монтажні роботи можуть бути виконані до зупинки печі та які виконуються паралельно з основним потоком при реконструкції печі та основному фундаменті?
17. Назвіть основні етапи монтажу доменної печі?
18. Як забезпечується механізація, багатоярусність та безпека робіт при реконструкції доменної печі?
19. Назвіть види ремонту мартенівських печей та обсяг робіт при цих ремонтах?

## **4 ЗМАЩЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ**

### Основні питання програми

Призначення мастила. Види мастил, що застосовуються. Класифікація систем мастил. Централізовані системи густого мастила. Обладнання та апаратура цих систем. Робота ручного насоса густого змащення. Робота дозуючого та

розпилюючого живильників. Схема роботи насосів. Типові схеми густого змащування та порядок їх роботи. Розрахунок централізованих систем густого змащування. Циркуляційні системи рідкого змащування. Обладнання та апаратура. Робота окремих видів обладнання систем рідкого змащування. Розрахунок систем рідкого змащування. Склад мастильного господарства заводу.

### Методичні рекомендації

Уясніть види мастильних матеріалів та способи їх отримання, а також, за яким принципом поділяються тверді, консистентні та рідкі мастила. Корисно порівняти за властивостями натрієві та кальцієві консистентні мастила. Зрозумійте, за якими характеристиками мастильних матеріалів проводиться вибір мастил. При вивченні рідких мастил зверніть увагу на в'язкість і зрозумійте, чому існує кілька її видів. Корисно порівняти між собою близькі властивості олій і усвідомити, у чому їхня відмінність. Наприклад, температуру спалаху та температуру горіння, зольність і коксування тощо. Слід також засвоїти норми збору відпрацьованих олій та методи їх регенерації[1, 7].

Розділіть системи за видами мастильного матеріалу, принципами роботи та за схемами живлення. Для систем рідкого мастила перерахуйте склад їх устаткування, апаратури та арматури, а також порядок та особливості їх монтажу.

Вивчаючи системи густого мастила, основну увагу приділіть централізованим системам. Необхідно засвоїти різницю між автоматичними станціями густого мастила петльового і кінцевого типу і усвідомити різницю між однолінійними і дволінійними. Усвідомте склад апаратури, арматури та обладнання систем густого мастила, звернувши особливу увагу на роботу живильників. Необхідно засвоїти особливості та послідовність монтажу систем густого мастила.

На закінчення слід засвоїти склад мастильного господарства заводу.

### Питання для самоперевірки

1. Перерахуйте види мастил.
2. Назвіть методи отримання та види олій.
3. Назвіть методи отримання консистентних мастил.
4. Які властивості та властивості олій?
5. Назвіть основні показники консистентних мастил.
6. У якому вигляді застосовуються тверді мастила?
7. З яких умов вибирають систему та режим мастила, а також марку олії?
8. Назвіть методи регенерації олій.
9. Перерахуйте види мастильних систем.
10. Чим відрізняються проточні системи від циркуляційних?
11. Якими є склад, призначення та робота апаратури, арматури та обладнання систем рідкого змащення?
12. Як проводиться монтаж систем рідкого мастила?

13. У чому різниці між періодичними та неперіодичними системами густого змащення?
14. Що таке САГ, СРГ, ПАГ?
15. Якими є склад, призначення та принцип дії апаратури, арматури та обладнання систем густого змащення?
16. Які особливості монтажу систем густого мастила?
17. Що таке мастильне господарство заводу?

## 5 ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИКОНАННЯ

### Контрольне завдання 1

Розробити технологічну схему складання одного з механізмів, що використовуються у механічному обладнанні металургійного виробництва. При цьому необхідно вирішити такі завдання:

- агрегат, що збирається розбити на вузли, під вузли, комплекти деталей;
- Встановити базові деталі;
- Визначити бази для складання;
- описати контроль деталей перед збиранням;
- при посадці підшипників, зубчастих коліс, муфт та інших елементів провести розрахунок необхідного зусилля запресування, температур, нагріву або охолодження деталей, що збираються, використовуваний при цьому інструмент, матеріал і пристосування тощо;
- описати операції складання у повному відповідності до технологічної схемою;
- описати випробування зібраного механізму;
- описати антикорозійне та декоративне фарбування;
- розробити схему мастила, вибрати її вигляд та розрахувати витрату.

На технологічній схемі складання повинні бути розставлені позиції, кількість деталей, умовні позначення складальних операцій, ДСТУ на стандартні вироби. Умовні позначення деталей розташовувати в послідовності складання, керуючись специфікою креслень, що додаються.

### Контрольне завдання 2

Здійснити розрахунок та підбір монтажних засобів та обладнання для монтажу мостового крана загального призначення згідно з даними таблиці – за однією з наступних схем підйому:

- а – за допомогою однієї монтажної щогли з нахилом моста крана у вертикальній площині;
- б – за допомогою двох монтажних щоглів з нахилом моста крана у вертикальній площині;
- в – за допомогою однієї монтажної щогли з підйомом моста паралельно до поздовжньої осі цеху та з наступним розворотом на 90°;
- г – за допомогою монтажної балки, встановленої на фермах перекриття цеху, вздовж прольоту з поворотом моста крана вгору;
- д – за допомогою поліспастів з відтяжками.

Скласти монтажну схему та виконати її графічно.

Таблиця 4.1

	Варіанти контрольного завдання				
	1	2	3	4	5
	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д	а б в г д
1	2	3	4	5	6
Проліт моста (м)	10,5	13,5	16,5	19,5	22,5
Ширина моста (м)	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Проліт цеху (м)	12,0	18,0	18,0	24,0	24,0
Вага моста (кН)	166	186	206	236	256
Висота підйому(м)	12	12	12	16	16

### Контрольне завдання 3

Здійснити розрахунок деталей обладнання на обмежену довговічність при нестационарних симетричних циклах навантаження.

Вихідні дані для розрахунку.

Таблиця 4.2

#### Основні варіанти

№№ п/п	Назва величини	Розмірність	Варіанти				
			1	2	3	4	5
1	2	4	5	6	7	8	9
1.	Межа витривалості для сталі	МПа	250	280	300	330	350
2.	Параметр, що визначає кут нахилу кривої втоми	МПа	70	70	75	75	80
3.	Число циклів, що відповідає точці перелому кривої втоми		$10^6$	$10^6$	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$
4.	Коефіцієнт, що оцінює вплив усіх факторів на межу витривалості		2	2,2	2,4	2,6	2,8
5.	Коефіцієнт, що визначає рівень напруг, що враховуються		0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
6.	Рівень діючих напруг симетричного циклу	МПа	100	120	120	140	150
		МПа	12	14	16	17	18
		МПа	15	16	20	20	21
7.	Співвідношення чисел циклів	-	0,4	0,35	0,35	0,45	0,5
		-	0,35	0,4	0,4	0,35	0,3
		-	0,25	0,25	0,25	0,2	0,2
8.	Число циклів навантажень в місяць	цикли	$10^4$	$10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$
9.	Заданий термін служби деталі	місяці	10	9	7	6	5
10.	Допустимий запас міцності	-	2,4	2,3	2,2	2,1	2

Таблиця 4.3

## Додаткові варіанти

			1А	2А	3А	4А	5А
1.	Межа витривалості для сталі	МПа	240	260	280	300	320
2.	Параметр, що визначає кут нахилу кривої втоми	МПа	65	65	70	70	75
3.	Число циклів, що відповідає точці перелому кривої втоми	цикли	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$10^6$	$10^6$	$10^6$
			1Б	2Б	3Б	4Б	5Б
1.	Межа витривалості для сталі	МПа	260	270	280	290	300
2.	Параметр, що визначає кут нахилу кривої втоми	МПа	60	60	65	65	70
3.	Число циклів, що відповідає точці перелому кривої втоми	цикли	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$
			1В	2В	3В	4В	5В
1.	Межа витривалості для сталі	МПа	270	290	310	320	330
2.	Параметр, що визначає кут нахилу кривої втоми	МПа	75	75	80	80	85
3.	Число циклів, що відповідає точці перелому кривої втоми	цикли	$10^6$	$10^6$	$10^6$	$10^6$	$10^6$
			1Г	2Г	3Г	4Г	5Г
1.	Межа витривалості для сталі	МПа	230	250	270	290	310
2.	Параметр, що визначає кут нахилу кривої втоми	МПа	75	75	80	85	85
3.	Число циклів, що відповідає точці перелому кривої втоми	цикли	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$10^6$	$10^6$	$10^6$

Контрольне завдання №4  
Виконати розрахунок деталей обладнання на обмежену довговічність при  
нестационарних асиметричних циклах навантаження.  
Вихідні дані для розрахунку

Таблиця 4.4

1. Основні варіанти

№ пп	Найменування величин	Позначення	Розмірність	Варіанти				
				1	2	3	4	5
1.	Межа витривалості	$\sigma_{-1}$	$\frac{H}{мм^2}$	400	280	360	200	330
2.	Параметр, що визначає кут нахилу кривої втоми	$k$	$\frac{H}{мм^2}$	85	70	80	50	80
3.	Число циклів, що відповідає точці перелому кривої втоми	$N_0$	цикл	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$
4.	Коефіцієнт, що враховує сумісний вплив всіх факторів на межу витривалості	$k(g)$	-	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6
5.	Коефіцієнт, що визначає рівень навантажень, що враховуються	$q$	-	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6
6.	Коефіцієнт впливу асиметрії циклу	$\phi$	-	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28
7.	Заданий термін слугування деталі	$T_{зад}$	роки	2	2	2	3	3
8.	Загальне число циклів прикладань середніх напружень за рік	$n_t$	цикл	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$10^4$	$10^4$	$10^4$
9.	Рівень діючих напружень асиметричного циклу	$\sigma_1$	$\frac{H}{мм^2}$	350	240	320	170	280
		$\sigma_2$		310	210	270	140	240
		$\sigma_3$		270	180	220	110	200
10.	Середнє напруження $\sigma_M$ для відповідних	$\sigma_1$	$\frac{H}{мм^2}$	200	130	180	100	160
		$\sigma_2$		180	120	160	80	140
		$\sigma_3$		160	110	140	60	120
11.	Амплітуда напружень $\sigma_A$ для відповідних	$\sigma_1$	$\frac{H}{мм^2}$	150	110	140	70	120
		$\sigma_2$		130	90	110	60	100
		$\sigma_3$		110	70	80	50	80
12.	Відношення чисел циклів для середніх напружень	$C_1$	Цикли	0,1	0,12	0,15	0,2	0,22
		$C_2$		0,2	0,23	0,25	0,3	0,33
		$C_3$		0,7	0,65	0,6	0,5	0,45
13.	Число циклів амплітудних напружень $\sigma_A$ для середніх напружень $\sigma_M$	$J$	Цикли	2	3	3	4	4
				3	4	5	5	6
				4	5	7	6	8
14.	Допустимий запас міцності по	$n_\sigma$		1,5	1,5	1,6	1,6	1,7

№ пп	Найменування величин	Позначення	Розмірність	Варіанти				
				1	2	3	4	5
	напруженням							

Додаткові варіанти

Таблиця 4.5

№ пп	Найменування величин	Позначення	Розмірність	Варіанти				
				1	2	3	4	5
1.	Межа витривалості для сталі	$\sigma_{-1}$	$\frac{H}{мм^2}$	390	270	350	190	310
2.	Параметр, що визначає кут нахилу кривої втоми	$k$	$\frac{H}{мм^2}$	80	70	75	50	75
3.	Число циклів, відповідне точці перелому кривої втоми	$N_0$	Цикли	$10^6$	$10^6$	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$
13.	Число циклів амплітудних напружень $\sigma_A$ для середніх напружень $\sigma_M$	$J$	Цикли	5	6	6	7	7
				1Б	2Б	3Б	4Б	5Б
1.	Межа витривалості для сталі	$\sigma_{-1}$	$\frac{H}{мм^2}$	380	260	340	200	330
2.	Параметр, що визначає кут нахилу кривої втоми	$k$	$\frac{H}{мм^2}$	80	65	75	55	70
3.	Число циклів, відповідне точці перелому кривої втоми	$N_0$	Цикли	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$
13.	Число циклів амплітудних напружень $\sigma_A$ для середніх напружень $\sigma_M$	$J$	Цикли	6	7	8	8	9
				1В	2В	3В	4В	5В
1.	Межа витривалості для сталі	$\sigma_{-1}$	$\frac{H}{мм^2}$	370	260	360	210	350
2.	Параметр, що визначає кут нахилу кривої втоми	$k$	$\frac{H}{мм^2}$	80	60	75	55	70

№ пп	Найменування величин	Позначення	Розмірність	Варіанти				
				1	2	3	4	5
3.	Число циклів, відповідне точці перелому кривої втоми	$N_0$	Цикли	$2 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$
13.	Число циклів амплітудних напружень $\sigma_A$ для середніх напружень $\sigma_M$	$J$	Цикли	4	5	7	6	8

Продовження таблиці 4.5

№ пп	Найменування величин	Позначення	Розмірність	Варіанти				
				1	2	3	4	5
				1Г	2Г	3Г	4Г	5Г
1.	Межа витривалості для сталі	$\sigma_{-1}$	$\frac{H}{мм^2}$	360	270	340	210	340
2.	Параметр, що визначає кут нахилу кривої втоми	$k$	$\frac{H}{мм^2}$	70	65	70	50	70
3.	Число циклів, відповідне точці перелому кривої втоми	$N_0$	Цикли	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$
13.	Число циклів амплітудних напружень $\sigma_A$ для середніх напружень $\sigma_M$	$J$	Цикли	5	6	8	8	9

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин : підручник. 4-е вид., перероб. і доп. Донецьк : ТОВ «Юго – Восток, Лтд», 2008. 379 с.
2. Монтаж металургійного обладнання : Навчальний посібник / А. Я. Жук та ін. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2018. 330 с.
3. Барковський В. В., Барковська Н. В., Лопатін О. К. Теорія ймовірностей та математична статистика : навч. посіб. Київ : ЦНЛ, 2006. 424 с.
4. Валь О. Д., Мельничук О. Д., Королюк С. Л. Теорія ймовірностей від найпростішого : навч. посіб. Чернівці : Книги-XXI, 2004. 160 с.
5. Волошин О. Р., Галайко Н. В. Математична статистика : курс лекцій. Львів : ЛьвДУВС, 2010. 88 с.
6. Гребеник В. М., Цапко В. К. Надежность металлургического оборудования : справочник. Москва : Металлургия, 1980. 280 с.
7. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 236 с.
8. Александров М. К., Анісімов В. М. Основи монтажних робіт на підприємствах хімічної промисловості : навч. посіб. / Держ. ВНЗ «Укр. держ. хім.-технол. ун-т». Дніпро : ДВНЗ УДХТУ, 2019. 342 с.

Навчально-методичне видання

**Поворотній Віктор Володимирович,  
Толстіков Георгій Іванович**

**НАДІЙНІСТЬ, РЕМОНТ ТА МОНТАЖ  
МАШИН ТА УСТАТКУВАННЯ**

Навчально-методичні рекомендації  
та контрольні завдання

В авторській редакції

Комп'ютерна верстка В. В. Поворотній

Експертний висновок склав канд. техн. наук, доц. Віктор Єрмократьев

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 761 від 23.10.2024)

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 1,68. Обл.-вид. арк. 1,70.  
Зам. № 126.

Видавець: Український державний університет науки і технологій  
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:  
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010