

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання самостійної роботи

з навчальної дисципліни «Структура та властивості

кольорових металів і сплавів»

для студентів денної та заочної форм навчання

за спеціальністю 132 «Матеріалознавство»

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 3 від 24.10.2024 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2024

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни «Структура та властивості кольорових металів і сплавів» для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» / уклад.: В. В. Білозеров, О. О. Волков, Т. І. Дробенюк, Г. О. Князева, С. А. Князєв, Т. О. Протасенко, В. В. Субботіна, О. В. Субботін, О. С. Терлецький, Г. А. Федоренко. – Харків : НТУ «ХП», 2024. – 35 с.

Укладачі: В. В. Білозеров

О. О. Волков

Т. І. Дробенюк

Г. О. Князева

С. А. Князєв

Т. О. Протасенко

В. В. Субботіна

О. В. Субботін

О. С. Терлецький

Г. А. Федоренко

Рецензент: В. В. Дмитрик

Кафедра «Матеріалознавство»

ВСТУП

Самостійна робота студента (СРС) – це навчальна діяльність студента, яка планується та виконується за завданням під методичним керівництвом і контролем викладача, але без його прямої участі. Самостійна робота студента, яка є суттєвим елементом навчального процесу поряд з аудиторним навчанням, набуває великого значення, особливо в умовах навчання відповідно до вимог до навчального процесу. СРС формує навички безперервної освіти та самостійної діяльності взагалі, що є конче необхідним у будь-якій професійній діяльності, виробляє здатність самостійно приймати оптимальні рішення.

Програмою навчальної дисципліни «Структура та властивості кольорових металів і сплавів» передбачено виконання самостійної позааудиторної роботи студентів. Під час вивчення запропонованих питань студенти вчать працювати з літературними та нормативними джерелами інформації, узагальнювати та стисло викладати вивчене. Запропоновані форми виконання самостійної роботи сприяють формуванню творчого відношення до навчання.

Процес виконання самостійної позааудиторної роботи студентів можна умовно поділити на два етапи:

- 1) пошук та опрацювання рекомендованої літератури;
- 2) узагальнення обробленої інформації у вигляді схем, конспектів, планів-характеристик, тез, таблиць; виконання лабораторних робіт.

Для виконання самостійної роботи студентам рекомендована література з навчальної дисципліни «Структура та властивості кольорових металів і сплавів».

В процесі опрацювання літератури бажано робити нотатки на окремих аркушах паперу або в електронному вигляді. При цьому необхідно зазначити відомості про літературні джерела: автора, назву, видавництво, рік видання, сторінки. Зазначені дані необхідно занести до переліку використаної літератури.

1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Згідно з освітньою програмою «Прикладне матеріалознавство, новітні технології та комп'ютерний дизайн матеріалів» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» передбачена самостійна робота з навчальної дисципліни «Структура та властивості кольорових металів і сплавів».

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни «Структура та властивості кольорових металів і сплавів» для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» складені відповідно до навчального плану та робочої програми вивчення навчальної дисципліни .

Метою самостійної роботи з навчальної дисципліни «Структура та властивості кольорових металів і сплавів» є закріплення теоретичних знань, розвиток навичок самостійної роботи зі спеціальною літературою, оволодіння і поглиблення практичного досвіду з вирішуванням поставлених завдань, а також формування навичок самостійного творчого пошуку, інтерпретації та використання інформації для вирішування окремих практичних питань.

Самостійна робота студента є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від обов'язкових навчальних занять. Самостійна робота студента включає: вивчення лекційного матеріалу; опрацювання рекомендованої літератури; вивчення основних термінів та понять за темами навчальної дисципліни; підготовку до практичних занять, тестування, проміжний та підсумковий контроль; виконання індивідуального завдання (розрахункового завдання); контрольну перевірку кожним студентом особистих знань за допомогою питань для самоконтролю.

2. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

Тема 1. Кольорові метали і сплави.

Мета лекції

1. Ознайомитися з основним змістом дисципліни, загальною характеристика кольорових металів і сплавів; класифікацією кольорових металів та сплавів, порівняльною характеристикою кольорових металів.

План лекції (навчальні питання):

- 1.1. Вступ.
- 1.2. Загальна характеристика кольорових металів і сплавів.
 - 1.2.1. Класифікація кольорових металів та сплавів.
 - 1.2.3. Порівняльна характеристика кольорових металів.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою.

Вивчити такі питання:

1. Задачі дисципліни.
2. Кольорові метали та сплави в машинобудуванні.
3. Переваги та недоліки. Об'єм виробництва. Галузі використання.

Рекомендована література: [1, 3, 4, 5].

Питання і завдання

1. Задачі курсу. Кольорові метали та сплави в машинобудуванні.
2. Перевага та недоліки кольорових металів.
3. Об'єм виробництва.
4. Галузі використання.

Тема 2. КУПРУМ (МІДЬ) І СПЛАВИ НА ОСНОВІ КУПРУМУ (КУПРУМУ (МІДІ)).

Мета лекції

1. Ознайомитися з купрумом (міддю) і сплавами на основі купруму (міді); властивостями та використанням купруму (міді); класифікацією та маркеруванням сплавів на основі купруму (міді); структурою, механічними властивостями латуней; використанням латуней; структурою, властивостями та використанням бронз; сплавами на основі купруму (міді), які леговані станумом (оловом).

План лекції (навчальні питання):

- 2.1. Купрум (мідь) і сплави на основі купруму (міді).
- 2.1.1. Властивості та використання купруму (міді).
- 2.2. Класифікація та маркерування сплавів на основі купруму (міді).
- 2.3. Структура, механічні властивості латуней.
- 2.4. Використання латуней.
- 2.5. Структура, властивості та використання бронз.
- 2.5.1. Сплави на основі купруму (міді), які леговані станумом (оловом).

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою.

Вивчити такі питання:

1. Купрум (мідь) і сплави на основі купруму (міді).
2. Властивості чистого купруму (міді). Домішки у купрумi (міді) та їх вплив на технологічні та експлуатаційні властивості. Маркерування купруму (міді)
3. Латуні. Класифікація латуней за складу та структурою.
4. Властивості латуней. Пороки латуней. Маркерування. Галузі використання.
5. Вивчення впливу домішок у купрумi (міді).
6. «Воднева хвороба».

Рекомендована література: [1, 3, 4, 5].

Питання і завдання

1. Купрум (мідь) і сплави на основі купруму (міді).
2. Властивості чистого купруму (міді).
3. Домішки у купрумї (міді) та їх вплив на технологічні та експлуатаційні властивості.

Тема 2. КУПРУМ (МІДЬ) І СПЛАВИ НА ОСНОВІ КУПРУМУ (КУПРУМУ (МІДІ)).

Мета лекції

1. Ознайомитися зі сплавами на основі купруму (міді), які леговані алюмінієм; структурою і властивостями сплавів на основі купруму (міді), які леговані алюмінієм, сплавами на основі купруму (міді), які леговані силіцієм (кремнієм), сплавами на основі купруму (міді), які леговані берилієм, сплавами на основі купруму (міді), які леговані плюмбумом (свинцем), деякими іншими сплавами на основі купруму (міді).

План лекції (навчальні питання):

- 2.6. Сплави на основі купруму (міді), які леговані алюмінієм.
- 2.7. Структура і властивості сплавів на основі купруму (міді), які леговані алюмінієм.
- 2.8. Сплави на основі купруму (міді), які леговані силіцієм (кремнієм).
- 2.9. Сплави на основі купруму (міді), які леговані берилієм.
- 2.10. Сплави на основі купруму (міді), які леговані плюмбумом (свинцем).
- 2.11. Деякі інші сплави на основі купруму (міді).

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою.

Вивчити такі питання:

1. Сплави на основі купруму (міді), які леговані алюмінієм.
2. Склад, структура властивості, маркерування. Термічне оброблення сплавів на основі купруму (міді), які леговані алюмінієм.

3. Сплави на основі купруму (міді), які леговані силіцієм (кремнієм), берилієм, плюмбумом (свинцем).

4. Склад, структура властивості, Маркерування. Термічне оброблення.

5. Вивчення структур, властивостей деяких інших сплавів на основі купруму (міді). Термічне оброблення.

Рекомендована література: [1, 3, 4, 5].

Питання і завдання

1. Сплави на основі купруму (міді) з спеціальними властивостями.

2. Мідно-нікелеві сплави.

3. Спеціальні сплави на основі купруму (міді).

4. Сучасні розробки в області використання спеціальних мідних сплавів.

Тема 3. АЛЮМІНІЙ І СПЛАВИ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з властивостями та використанням алюмінію, класифікацією та загальною характеристикою сплавів на основі алюмінію.

План лекції (навчальні питання):

3.1. Властивості та використання алюмінію.

3.2. Класифікація та загальна характеристика сплавів на основі алюмінію.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою.

Вивчити такі питання:

1. Алюміній. Властивості, вплив домішок.

2. Сплави на основі алюмінію.

3. Термічне оброблення дуралюміна.

4. Структура і властивості дуралюмінів. Термічне оброблення.

5. Відпалення сплавів на основі алюмінію.

6. Термічне оброблення сплавів на основі алюмінію.

Рекомендована література: [1, 3, 4, 5].

Питання і завдання

1. Промислове використання алюмінію. Постійні домішки в алюмінії
2. Ферум (залізо) та силіцій (кремній). Вплив на властивості алюмінію одночасно присутніх домішок феруму (залізо) та силіцію (кремнію).
3. Утворення проміжних фаз змінного складу.

Тема 3. АЛЮМІНІЙ І СПЛАВИ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ.

Мета лекції

1. Ознайомитися зі здеформовними сплавами на основі алюмінію; здеформовними сплавами на основі алюмінію, які зміцнюються термічним обробленням; здеформовними сплавами на основі алюмінію, які не зміцнюються термічним обробленням.

План лекції (навчальні питання):

3.3. Здеформовні сплави на основі алюмінію.

3.3.1. Здеформовні сплави на основі алюмінію, які зміцнюються термічним обробленням.

3.3.2. Здеформовні сплави на основі алюмінію, які не зміцнюються термічним обробленням.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою.

Вивчити такі питання:

1. Здеформовні сплави, які зміцнюються термічним обробленням.

Рекомендована література: [1, 3, 4, 5].

Питання і завдання

1. Вплив температурних режимів гомогенізації на формування структури та характеристик пластичності металу.
2. Сутність процесу гомогенізації.
3. Рекристалізувальне відпалення.

Тема 3. АЛЮМІНІЙ І СПЛАВИ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з ливарними сплавами на основі алюмінію; спеченими сплавами на основі алюмінію.

План лекції (навчальні питання):

- 3.4. Ливарні сплави на основі алюмінію.
- 3.5. Спечені сплави на основі алюмінію.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою

Вивчити такі питання:

1. Ливарні сплави на основі алюмінію. Термічне оброблення.
2. Порошкові сплави на основі алюмінію (ПОС).
3. Структура і властивості сплавів на основі алюмінію.

Рекомендована література: [1, 3, 4, 5].

Питання і завдання

1. Термічно зміцнювані сплави, які деформуються.
2. Особливості взаємодії елементів сплавів під час кристалізації та термічного оброблення.
3. Основні легувальні домішки у сплавах системи Al–Mn, Al–Mg.

4. Спеціальні сплави на основі алюмінію. Сплави на основі системи Al–Al₂O₃.

5. Гранульовані сплави на основі алюмінію із високим вмістом легувальних компонентів.

Тема 4. МАГНІЙ І СПЛАВИ НА ОСНОВІ МАГНІЮ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з властивостями та використанням магнію; загальною характеристикою та класифікацією сплавів на основі магнію; сплавами на основі магнію, які деформуються; ливарними сплавами на основі магнію.

План лекції (навчальні питання):

- 4.1. Властивості та використання магнію.
- 4.2. Загальна характеристика та класифікація сплавів на основі магнію.
- 4.3. Сплави на основі магнію, які деформуються.
- 4.4. Ливарні сплави на основі магнію.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою.

Вивчити такі питання:

1. Магній. Властивості чистого магнію.
2. Сплави на основі магнію: ливарні та оброблюємі тиском.
3. Основні групи сплавів на основі магнію за складом.
4. Термічне оброблення сплавів на основі магнію.
5. Галузі використання магнію.

Рекомендована література: [1, 3].

Питання і завдання

1. Взаємодія магнію з легувальними елементами і домішками.

2. Вплив легувальних елементів на механічні властивості магнію та сплавів на основі магнію.
3. Використання деформівних сплавів на основі магнію в промисловості.

Тема 5. ТИТАН І СПЛАВИ НА ОСНОВІ ТИТАНУ.

Мета лекції

1. Ознайомитися з титаном, його структурою, властивостями та використанням; загальною характеристикою сплавів на основі титану; впливом легувальних елементів на структуру та властивості сплавів на основі титану; класифікацією, властивостями та використанням сплавів на основі титану; здеформованими сплавами на основі титану; ливарними сплавами на основі титану.

План лекції (навчальні питання):

- 5.1. Титан, його структура, властивості та використання.
- 5.2. Загальна характеристика сплавів на основі титану. Вплив легувальних елементів на структуру та властивості сплавів на основі титану.
- 5.3. Класифікація, властивості та використання сплавів на основі титану.
- 5.4. Здеформовні сплави на основі титану.
- 5.5. Ливарні сплави на основі титану.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою.

Вивчити такі питання:

1. Особливості видобування титану.
2. Магнієво-термічний спосіб.
3. Вплив легувальних елементів на поліморфізм титану.
4. Маркерування титану і сплавів на основі титану.
5. Термічне оброблення сплавів на основі титану.
6. Класифікація сплавів на основі титану за структурною ознакою.
7. Характеристика груп сплавів на основі титану та галузі їх використання.

Рекомендована література: [1, 4, 5].

Питання і завдання

1. Особливості виробництва сплавів на основі титану.
2. Технологічні властивості сплавів на основі титану.
3. Використання термомеханічної обробки сплавів на основі титану в промисловості.

Тема 6. БЕРИЛІЙ І СПЛАВИ НА ОСНОВІ БЕРИЛІЮ.

Мета лекції

Ознайомитися з берилієм, його властивостями та використанням; сплавами на основі берилію.

План лекції (навчальні питання):

- 6.1. Берилій, його властивості та використання.
- 6.2. Сплави на основі берилію.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою.

Вивчити такі питання:

1. Як берилій реагує з киснем, водою, кислотами та лугами?
2. Які фізичні властивості роблять берилій важливим для промислового використання?
3. Яка кристалічна структура характерна для берилію? Як вона впливає на його механічні властивості?
4. Чому берилій вважається матеріалом із високою жорсткістю та низькою щільністю?
5. Як теплопровідність берилію порівнюється з іншими металами?

Рекомендована література: [1, 4].

Питання і завдання

1. Які основні галузі використання берилію та сплавів на його основі? Наведіть приклади.
2. Які ризики для здоров'я пов'язані з берилієм, і які заходи безпеки необхідні під час роботи з ним?
3. Чому берилій і його сплави є важливими матеріалами в авіаційній та космічній промисловості?

Тема 7. ЛЕГКОПЛАВКІ МЕТАЛИ І СПЛАВИ НА ЇХ ОСНОВІ.

Мета лекції

Ознайомитися з загальною характеристикою легкоплавких металів; підшипниковими сплавами (антифрикційними матеріалами) з м'якою матрицею; загальною характеристикою підшипникових матеріалів; легкоплавкими підшипниковими сплавами з м'якою матрицею (бабітами); припоями; легкоплавкими металами; друкарськими металами; конструкційними сплави на основі цинку; корозійно-тривкими покриттями.

План лекції (навчальні питання):

- 7.1. Загальна характеристика легкоплавких металів.
- 7.2. Підшипникові сплави (антифрикційні матеріали) з м'якою матрицею.
 - 7.2.1. Загальна характеристика підшипникових матеріалів.
 - 7.2.2. Легкоплавкі підшипникові сплави з м'якою матрицею (бабіти).
- 7.3. Припої.
- 7.4. Легкоплавкі метали.
- 7.5. Друкарські метали.
- 7.6. Конструкційні сплави на основі цинку.
- 7.7. Корозійно-тривкі покриття.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою.

Вивчити такі питання:

1. Властивості стануму (олова) та п्लомбуму (свинцю). Маркерування.
2. Підшипникові сплави (бабіти). Особливості їх складу, структури та властивостей.
3. Припої. Структура, властивості.
4. Вплив легувальних елементів на структуру і властивості.
5. Легкоплавкі та друкарські сплави на основі п्लомбуму (свинцю) і стануму (олова).
6. Вивчення структур і властивостей сплавів на основі п्लомбуму (свинцю) і стануму (олова).

Рекомендована література: [1, 3, 5].

Питання і завдання

1. Як фізичні властивості (щільність, теплопровідність, електропровідність) легкоплавких металів впливають на їх використання?
2. У яких галузях промисловості найчастіше використовують легкоплавкі метали та їх сплави? Наведіть приклади.
3. Які екологічні ризики пов'язані з використанням легкоплавких металів (наприклад, п्लомбуму (свинцю)), і які заходи вживають для їх мінімізації?

Тема 8. ТУГОПЛАВКІ ТА БЛАГОРОДНІ МЕТАЛИ І СПЛАВИ НА ОСНОВІ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛІВ

Мета лекції

1. Ознайомитися із загальною характеристикою тугоплавких металів і сплавів на основі тугоплавких металів; специфікою використання тугоплавких металів і сплавів на основі тугоплавких металів у машинобудуванні та дослідних приладах; благородними металами.

План лекції (навчальні питання):

- 8.1. Загальна характеристика тугоплавких металів і сплавів на основі тугоплавких металів.

8.2. Специфіка використання тугоплавких металів і сплавів на основі тугоплавких металів у машинобудуванні та дослідних приладах.

8.3. Благородні метали.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою.

Вивчити такі питання:

1. Загальна характеристика важких металів. Елементи «важкої четвірки» (Mo, Nb, Ta, W).
2. Вплив легування на структуру і властивості «важких» металів.
3. Жароміцні сплави на основі «важких» металів.
4. Термічне оброблення.
5. Аурум (золото), аргентум (срібло). Сплави на основі ауруму (золота), аргентуму (срібла).
6. Структура, властивості. Раціональні області використання дорогоцінних металів в машинобудуванні.

Рекомендована література: [1].

Питання і завдання

1. Чому благородні метали (аурум (золото), платина, паладій) мають високу стійкість до корозії?
2. Які компоненти зазвичай додають до сплавів тугоплавких металів для покращення їхніх властивостей, і які саме властивості покращуються?

Тема 9. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

Мета лекції

1. Ознайомитися із загальними положеннями; відпаленням кольорових металів та їх сплавів; загальними положеннями зміцнювального термічного оброблення сплавів кольорових металів; гартуванням зі старінням сплавів на основі алюмінію, купруму (міді), магнію; особливостями зміцнювального термічного

оброблення сплавів на основі титану.

План лекції (навчальні питання):

- 9.1. Загальні положення.
- 9.2. Відпалення кольорових металів та їх сплавів.
- 9.3. Загальні положення зміцнювального термічного оброблення сплавів кольорових металів.
- 9.4. Гартування зі старінням сплавів на основі алюмінію, купруму (міді), магнію.
- 9.5. Особливості зміцнювального термічного оброблення сплавів на основі титану.

Завдання для самостійної роботи

1. Опрацювати лекційний матеріал за темою.

Вивчити такі питання:

1. Відпалення тугоплавких металів та їх сплавів.
2. Які основні цілі термічного оброблення кольорових металів і сплавів, і як вони залежать від типу матеріалу?
3. Які методи термічного оброблення (відпал, загартування, нормалізація, старіння) найчастіше застосовуються до кольорових металів, і які властивості вони змінюють?

Рекомендована література: [1, 4].

Питання і завдання

1. Чим термічне оброблення кольорових металів (наприклад, алюмінію, купруму (міді), магнію) відрізняється від обробки чорних металів?
2. Які параметри (температура, тривалість нагрівання, швидкість охолодження) контролюються під час термічного оброблення кольорових сплавів для досягнення бажаних властивостей?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ:

1. Якими з наведених у відповідях властивостями характеризується купрум (мідь)?

А) Низькою $t_{пл}$ (651 °С), низькою теплопровідністю, низькою щільністю (1 740 кг/м³).

В) Низькою $t_{пл}$ (327 °С), низькою теплопровідністю, високою щільністю (11 600 кг/м³).

С) Високою $t_{пл}$ (1 083 °С), високою теплопровідністю, високою щільністю (8 890 кг/м³).

Д) Високою $t_{пл}$ (1 665 °С), низькою теплопровідністю, низькою щільністю (4 500 кг/м³).

2. Який тип кристалічної ґратки купруму (міді)?

А) У модифікації α -ГПУ, в модифікації β -ОЦК.

В) Кубічна гранецентрована.

С) Гексагональна щільно упакована.

Д) Кубічна об'ємноцентрована.

3. Що таке латунь?

А) Сплав на основі купруму (міді) з цинком.

В) Сплав на основі феруму (заліза) з нікелем.

С) Сплав на основі купруму (міді) з станумом (оловом).

Д) Сплав на основі алюмінію з силіцієм (кремнієм).

4. Який максимальний вміст цинку у латунях, які мають практичне значення?

А) 45 %.

В) 39 %.

С) 52 %.

Д) 18 %.

5. Як впливає збільшення концентрації цинку на міцність і пластичність α -латуней?

А) Обидві характеристики знижуються.

В) Обидві характеристики зростають.

С) Міцність збільшується, пластичність знижується.

D) Міцність знижується, пластичність зростає.

6. Як впливає на міцність і пластичність $\alpha + \beta$ латуней збільшення концентрації цинку?

A) Міцність та пластичність знижуються.

B) Міцність та пластичність збільшуються.

C) Міцність збільшується, пластичність знижується.

D) Міцність знижується, пластичність збільшується.

7. Як називається сплав марки Л62? Який його хімічний склад?

A) Ливарна сталь, яка містить 0,62 % С.

B) Ливарний сплав на основі алюмінію, який містить 62 % Al.

C) Сплав купруму (міді) з цинком, який містить 62 % Cu.

D) Сплав бронзи з купрумом (міддю), який містить 62 % бронзи.

8. Як називається сплав марки ЛК80-3? Який його хімічний склад?

A) Ливарний сплав системи Al–Si (силумін).

B) Латунь. Містить приблизно 80 % Zn, 3 % Cd, решта – Cu.

C) Ливарна евтектоїдна сталь. Містить приблизно 0,8 С та ~ 3 % Со.

D) Латунь має приблизно 80 % Cu, 17 % Zn і 3 % Si.

9. Яка марка деформованого сплаву, який містить 36 % Zn, 3 % Al, 2 % Ni (основа – Cu)?

A) БрАЦН 3-36-2.

B) ЛЦ36А3Н2.

C) ЛАН 59-3-2.

D) БрЦ36А3Н2.

10. Яка марка ливарного сплаву, який містить 40 % Zn, 3 % Mn, 1 % Al (основа – Cu)?

A) БрЦАМц40-1-3.

B) ЛЦ40Мц3А.

C) БрЦ40АМц3.

D) ЛАМц 56-1-3.

11. Як називають сплави купруму (міді) з іншими елементами (силіцієм (кремнієм), алюмінієм, станумом (оловом), берилієм і т. д.)?

- A) Бронзи.
- B) Латуні.
- C) Інвари.
- D) Станум (олово).

12. Яка марка ливарного сплаву, що містить 12 % Zn, 3 % Sn, 5 % Pb (основа – Cu)?

- A) БрОЦС 3-12-5.
- B) ЛЦ12О3С5.
- C) ЛОС 80-3-5.
- D) БрО3Ц12С5.

13. Яка марка деформованого сплаву, який містить 4 % Sn, 4 % Zn, 17 % Pb (основа – Cu)?

- A) БрО4Ц4С17.
- B) БрОЦС 4-4-17.
- C) ЛОС 75-4-17.
- D) ЛЦ4О4С17.

14. Які основні характеристики алюмінію?

- A) Мала щільність; низька теплопровідність; низька корозійна тривкість.
- B) Висока щільність; висока теплопровідність; висока корозійна тривкість.
- C) Мала щільність; висока теплопровідність; висока корозійна тривкість.
- D) Мала щільність; висока теплопровідність; низька корозійна тривкість.

15. Який тип кристалічної ґратки алюмінію?

- A) Кубічна гранецентрована.
- B) У модифікації α – ГПУ, в модифікації β – ОЦК.
- C) Кубічна об'ємноцентрована. D) Гексагональна щільноупакована.

16. Діаграма сплавів системи Al–Cu. Які із сплавів системи належать до zdeформованих?

- A) d.
- B) a.
- C) c.
- D) b.

17. Діаграма сплавів системи Al–Cu. Які із сплавів системи належать до тих, які зміцнюються термічним обробленням?

- A) a.
- B) b.
- C) d.
- D) c.

18. Що є зміцнювальним чинником при термічному обробленні сплавів системи Al–Cu?

- A) Утворення при старінні зон Гінґе-Престона.
- B) Фіксування при кімнатній температурі високотемпературного стану.
- C) Утворення при гартуванні мартенситної структури.
- D) Виділення при старінні дисперсних фаз.

19. Що таке зони Гінґе-Престона?

- A) Метастабільний ϵ -карбід, який утворюється при відпусканні.
- B) Малі об'єми твердого розчину з підвищеною концентрацією розчиненого компонента, які зберігають ґратку розчинника.
- C) Метастабільні фази, які утворилися у розчині, з ґратками, відмінними від ґраток розчину, але мають з ним когерентну ґратку.
- D) Стабільні дисперсні фази, які виділилися із зістарених твердих розчинів.

20. Як залежить максимально досяжна міцність сплавів системи Al–Cu від температури старіння?

- A) Міцність не залежить від температури старіння.
- B) Чим вище температура, тим вище міцність.
- C) Чим вища температура, тим нижче міцність.
- D) Міцність досягається гартуванням, старіння ж тільки знімає напруги, які виникли при гартуванні.

21. Чим пояснити, що в сплавах системи Al-Cu при штучному старінні після досягнення максимальної міцності настає знеміцнювання?

- A) Виділенням стабільної фази CuAl_2 .
- B) Утворенням зон Гінґе-Престона.
- C) Розпадом мартенситних структур.
- D) Упорядкуванням твердого розчину.

22. Що називають поверненням для природно зістарених сплавів на основі алюмінію?

- A) Для сплавів на основі алюмінію повернення – це синонім відпалення.
- B) Перехід сплаву у свіжозагартований стан під дією короткочасного нагрівання.
- C) Перехід спотвореної під дією гартувальних напружень кристалічної ґратки в рівноважний стан.
- D) Перехід пластично деформованої кристалічної ґратки в рівноважний стан.

23. Чим пояснюється явище повернення для зістарених сплавів на основі алюмінію?

- A) Виділенням стабільних фаз.
- B) Виділенням метастабільних фаз.
- C) Розчиненням зон Гінґе-Престона.
- D) Усуненням викривлень кристалічної ґратки.

24. До якої групи належать сплави на основі алюмінію типу АМг, наприклад, АМг6?

- A) Ливарні сплави.
- B) Здеформовні сплави, які не зміцнюються термообробкою.
- C) Здеформовні високоміцні сплави.
- D) Здеформовні сплави, які зміцнюються термообробкою.

25. Який з сплавів на основі алюмінію марок АМг2Н1 або АМг5дч має більшу міцність?

- A) АМг2Н1 міцніше у зв'язку з деформаційним зміцнюванням.
- B) АМг5дч міцніше у зв'язку з більшою легованістю.
- C) Міцність обох сплавів приблизно однакова.
- D) На поставлене питання можна відповісти тільки при однакових сплавах або при рівних чистоті та виду оброблення.

26. До яких матеріалів належить сплав ВАД23?

- A) Жароміцні сплави на основі алюмінію.
- B) Сплави на основі алюмінію, які не зміцнюються термічним обробленням.
- C) Ливарні сплави на основі алюмінію.

D) Високоміцні сплави на основі алюмінію.

27. До яких матеріалів належить сплав В96?

A) Сплави на основі алюмінію, які не зміцнюються термічним обробленням..

B) Високоміцні сплави на основі алюмінію.

C) Ливарні сплави на основі алюмінію.

D) В96 – криогенний титановий сплав.

28. Якою маркою чотирицифрового маркування можна позначити сплав на основі алюмінію АД31?

A) 1031.

B) 1013.

C) 1310.

D) 3101.

29. Що означає буква Т у кінці марки сплавів на основі алюмінію, наприклад АК4Т?

A) Термічне оброблення: гартування + штучне відпускання.

B) Механічне оброблення: сплав зміцнений (Т-твердий) холодним пластичним деформуванням.

C) Термічне оброблення: гартування + природне відпускання.

D) Систему легування: сплав додатково легований титаном.

30. Який сплав позначають маркою АК6Т1?

A) Природно зістарений кувальний сплав на основі алюмінію АК6.

B) Загартований і штучно зістарений здеформований сплав на основі алюмінію АК6.

C) Сплав на основі алюмінію, який містить 6 % Si і 1 % Ti.

D) Здеформований сплав на основі алюмінію АК6, додатково легований титаном.

31. Чи можливе існування алюмінієвого сплаву марки АМг6Т?

A) Ні. Сплави типу АМг не піддають деформаційному зміцнюванню.

B) Ні. АМг6 належить до сплавів, які не зміцнюються термічним обробленням.

C) Так. Так маркують сплав АМг6, додатково легований титаном.

D) Так. Так маркують природно зістарений сплав АМгб.

32. Яке старіння використовують для високоміцних сплавів марок В93, В95 та ін. Чому?

A) Ефект від старіння у цієї групи сплавів невеликий, тому старіння, як правило, не використовують.

B) Природний. При штучному старінні сплави дуже знеміцнюються.

C) Штучне. При природному старінні сплави цієї групи не зміцнюються.

D) Для досягнення максимальної міцності – природне, для максимальної жароміцності – штучне.

33. Які деталі виготовляють із сплавів В65, Д18?

A) Лопатки і диски компресорів реактивних двигунів.

B) Деталі, які працюють в умовах вібраційних навантажень, наприклад, колеса шасі літаків.

C) Конструкції з високою жорсткістю, наприклад, елерони.

D) Заклепки для конструкцій літаків.

34. До якої групи металів належить титан?

A) Благородні.

B) Рідкісноземельні.

C) Тугоплавкі.

D) Легкоплавкі

35. Які кристалічні ґратки мають поліморфні модифікації титану?

A) α -ОЦК, β -ГПУ.

B) α -ГЦК, β -ОЦК.

C) α -ГПУ, β -ОЦК.

D) α -ГПУ, β -ГЦК.

36. Титан має дві алотропічні модифікації: α – з ГЦУ ґраткою і β – з ґраткою ОЦК. Яка з модифікацій високо- або низькотемпературна більш пластична?

A) Пластичність не залежить від типу кристалічної ґратки. Її величина є дослідною характеристикою.

B) β більш пластичний.

C) В обох модифікаціях титан однаково пластичний.

D) У низькотемпературній модифікації титан більш пластичний.

37. Як впливають на температуру поліморфного перетворення титану алюміній, молібден, станум (олово)?

- A) Sn – підвищує, Al – знижує, Mo – практично не впливає.
- B) Al – підвищує, Mo – знижує, Sn – практично не впливає.
- C) Mo – підвищує, Sn – знижує, Al – практично не впливає.
- D) Al – підвищує, Sn – знижує, Mo – практично не впливає.

38. Яка властивість робить сплави на основі титану особливо цінними при створенні літальних апаратів?

- A) Низька щільність.
- B) Висока абсолютна міцність.
- C) Висока хімічна стійкість.
- D) Висока питома міцність.

39. Яке оброблення проводиться для зміцнювання α -сплавів титану?

- A) Гартування.
- B) Гартування + старіння.
- C) Холодна пластична деформація.
- D) Стабілізувальне відпалення.

40. Чому при гартуванні сплавів на основі титану їх не нагрівають в область β ?

- A) При гартуванні з β -області не утворюється мартенситних структур.
- B) При гартуванні з β -області утворюється малопересичений мартенсит.
- C) При гартуванні з β -області утворюється ω -фаза, яка робить сплав крихким.
- D) У β -області відбувається сильне зростання зерна.

41. Чи можна використовувати для зміцнювання сплавів на основі титану ω -фазу?

- A) Так. ω -фаза зміцнює сплав без зниження його пластичності.
- B) Ні. ω -фаза має низьку твердість.
- C) Так. ω -фаза інтенсивно зміцнює сплав, трохи знижуючи його пластичність.
- D) Ні. ω -фаза робить сплав крихким.

42. Яке оброблення проводиться для зміцнювання $\alpha + \beta$ сплавів титану?

- A) Стабілізувальне відпалення.
- B) Гартування + старіння.
- C) Відпалення + старіння.
- D) Гаряча пластична деформація.

43. До якої групи (яким групам) належать сплави на основі титану VT18 і OT4?

- A) VT18 – до $(\alpha + \beta)$ -сплавів, OT4 – до псевдо α -сплавів.
- B) VT18 – до $(\alpha + \beta)$ -сплавів, OT4 – до β -сплавів.
- C) VT18 – до псевдо α -сплавів, OT4 – сплав на основі стануму (олова), а не титану.
- D) Обидва – до псевдо α -сплавів.

44. Які основні якісні характеристики магнію?

- A) Низька жорсткість, низька щільність, високі демпфірувальні властивості, низька пластичність.
- B) Висока жорсткість, низька щільність, низькі демпфірувальні властивості, висока пластичність.
- C) Висока жорсткість, низька щільність, високі демпфірувальні властивості, висока пластичність.
- D) Низька жорсткість, низька щільність, високі демпфірувальні властивості, висока пластичність.

45. Який тип кристалічної ґратки магнію?

- A) У низькотемпературній модифікації – ГЦУ, у високотемпературній – ОЦК.
- B) Об'ємноцентрована кубічна (К8).
- C) У низькотемпературній модифікації – ОЦК, у високотемпературній – ГЦК.
- D) Гексагональна щільноупакована (Г12).

46. Які (орієнтовно) режими гартування сплавів на основі магнію?

- A) Температура близько 100 °С, витримування до 40 год, охолодження в розчинах солей.
- B) Температура близько 200 °С, витримування до 12 год, охолодження в олив'ї або на повітрі.

С) Температура близько 700 °С, витримування 15–30 хв, охолодження в холодній воді.

Д) Температура близько 400 °С, витримування до 24 год, охолодження в гарячій воді або на повітрі.

47. Який механізм старіння, що приводить до зміцнювання загартованих сплавів на основі магнію?

А) Утворення в пересиченому твердому розчині зон Гінзе-Престона.

В) Повна рекристалізація структури сплаву.

С) Виділення з пересиченого твердого розчину дисперсних інтерметалідних фаз.

Д) Утворення додаткових обсягів мартенситу.

48. Чим пояснюється тривалість витримування, яка притаманна магнієвому сплаву, при температурах термічного оброблення?

А) Низькою швидкістю дифузійних процесів.

В) Дефектністю кристалічної структури сплавів.

С) Типом кристалічної ґратки магнію.

Д) Високим рівнем енергії зв'язку атомів у ґратці.

49. Які властивості сплавів на основі магнію дозволяють ефективно використовувати їх як конструкційні матеріали?

А) Хороша оброблюваність різанням.

В) Висока абсолютна міцність.

С) Низька щільність.

Д) Високі питомі механічні властивості.

50. Чим можна пояснити низьку пластичність магнію?

А) Відсутністю поліморфізму.

В) Малим числом площин ковзання в кристалічній ґратці.

С) Дефектністю кристалічної ґратки.

Д) Високою енергією зв'язку атомів у ґратці.

51. Який сплав позначають маркою МЛЗТ2?

А) Ливарний сплав на основі магнію МЛЗ, додатково легований рідкісноземельними елементами.

В) Загартований і штучно зістарений ливарний сплав на основі магнію МЛЗ.

С) Відпалений сплав на основі магнію МЛЗ.

Д) Сплав на основі магнію, який містить 3 % Li і 2 % Ti.

52. Який сплав позначають маркою МА11Т6?

А) Загартований і зістарений на максимальну твердість сплав на основі магнію МА11.

В) Сплав на основі магнію, який містить 11 % Al і 6 % Ti.

С) Відпалений деформований сплав на основі магнію МА11.

Д) Жароміцний сплав на основі магнію МА11, легований додатково торієм.

53. Які сплави на основі магнію називають надлегкими?

А) Всі конструкційні сплави на основі магнію належать до надлегких.

В) Сплави, леговані берилієм.

С) Сплави, леговані літієм.

Д) Сплави, леговані РЗЕ.

54. Яка роль рідкісноземельних елементів у легуванні сплавів на основі магнію?

А) РЗЕ підвищують міцність і пластичність сплавів при криогенних температурах.

В) РЗЕ збільшують опір повзучості сплаву при підвищених температурах.

С) РЗЕ підвищують корозійну тривкість сплавів.

Д) РЗЕ виключають займання магнію при нагріванні.

55. Яке призначення сплавів на основі магнію, легованих ітрієм, наприклад сплаву ІМВ7?

А) Робота в умовах глибокого вакууму.

В) Робота в корозійноактивних середовищах.

С) Робота при температурах рідкого водню.

Д) Робота при високих (більше 250 °С) температурах.

56. До яких видів належать сплави марок АЛ19 і МА21?

А) АЛ19 – zdeформований сплав Al, МА21 – ливарний сплав Mg.

В) АЛ19 – сплав, який не зміцнюється термічним обробленням, на основі Al, МА21 – купрум (мідь) технічної чистоти.

С) АЛ19 – ливарний сплав Al, МА21 – здеформовний сплав Mg.

Д) АЛ19 – сплав на основі алюмінію, легований літієм, МА21 – сплав на основі магнію, легований алюмінієм.

57. До яких матеріалів належить сплав МЛ5?

А) Сплави на основі алюмінію, леговані літієм.

В) Ливарні сплави на основі магнію.

С) α -сплави титану.

Д) Ливарні сплави на основі купруму (міді).

58. До якої групи металів належить берилій?

А) Рідкісноземельні.

В) Тугоплавкі.

С) Благородні.

Д) Легкі.

59. Якими з наведених у відповідях властивостей характеризується берилій?

А) Високою $t_{пл}$ (1 665 °С), низькою жорсткістю, низькою щільністю (4 500 кг/м³).

В) Високою $t_{пл}$ (1 284 °С), високою жорсткістю, низькою щільністю (1 800 кг/м³).

С) Високою $t_{пл}$ (1 539 °С), високою жорсткістю, високою щільністю (7 800 кг/м³).

Д) Низькою $t_{пл}$, (651 °С), низькою жорсткістю, низькою щільністю (1 740 кг/м³).

59. Який тип кристалічної ґратки берилію?

А) Гексагональна щільноупакована (Г 12).

В) Об'ємноцентрована кубічна (К8).

С) У низькотемпературній модифікації – ОЦК, у високотемпературних – ГЦК.

Д) У низькотемпературній модифікації – ГЦУ, у високотемпературних – ОЦК.

60. Який з матеріалів може бути використаний для виготовлення пружного елемента відповідального призначення?

А) МА5.

- В) БрБ2.
- С) ВТ1-0.
- Д) АК4-1.

61. Для яких з перелічених у відповідях виробів використовують берилій або сплави на його основі?

- А) Високоякісні гіроскопи.
- В) Пружні елементи електронної апаратури.
- С) Самозмащувальні підшипники ковзання.
- Д) Заклепки корпусів ракет.

62. Який з перелічених у відповідях виробів може бути виготовлено з берилію або із сплавів на основі берилію ?

- А) Камера згорання ракетного двигуна.
- В) Осердя реле постійного струму.
- С) Антена космічного апарата з пам'яттю форми.
- Д) Опора ковзання високоточного приладу, наприклад, гіроскопа.

63. Які основні ознаки підшипникових сплавів?

- А) Сплав має однофазну структуру.
- В) Сплав має високу твердість.
- С) Сплав має багатофазну структуру, яка складається з м'якої основи та твердих вкраплень або з твердої основи і м'яких вкраплень.
- Д) Сплав має дрібнозернисту будову.

64. Що таке бабіт?

- А) Латунь з двофазною структурою.
- В) Ливарний сплав на основі алюмінію.
- С) Антифрикційний сплав.
- Д) Бронза, зміцнена ферумом (залізом) і манганом.

64. Для виготовлення яких деталей використовують сплав Б83?

- А) Відповідальних пружних елементів приладів.
- В) Паливних і кислотних баків ракет.
- С) Передніх кромek крил надзвукових літаків.
- Д) Швидкохідних, високонавантажених підшипників ковзання.

65. Який з наведених у відповідях матеріалів кращий для виготовлення швидкохідних підшипників ковзання?

А) БрО5Ц5С5.

В) АО9-2.

С) АЧС-3.

Д) ЛЦ16К4.

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Горбатенко В. П. Кольорові метали та сплави : підручник. Донецьк : ДВНЗ «ДонНТУ», 2012. 300 с.
2. Застосування спеціалізованого програмного забезпечення в матеріалознавстві та термічній обробці металів та сплавів : метод. посіб. / Р. В. Подольський, О. І. Бабаченко, Г. А. Кононенко, Н. С. Романова, А. О. Сафронова, Е. С. Клемешов, Україн. держ. ун-т науки і технол. Дніпро : 2022. 66 с. URL: https://nmetau.edu.ua/file/metodichniy_posibnik_podolskiy_ta_in.pdf
3. Матеріалознавство : навч. посіб. / В. І. Бузило, В. П. Сердюк, А. В. Яворський, О. А. Гайдай / М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро : НТУ «ДП», 2021. 243 с. URL: <https://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/160147/CDba.pdf>
4. Гапонова О. П., Говорун Т. П. Інженерне матеріалознавство : навч. посіб. Суми : Сумський державний університет, 2024. 403 с. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/98383/3/Haponova_materialoznavstvo.pdf
5. Матеріалознавство та конструкційні матеріали : навч. посіб. / О. І. Лещенко, С. В. Добровольська, В. О. Кудряшов, А. Я. Любимов, І. К. Радулова, С. В. Культа, О. А. Ленник. Одеса : ДУІТЗ, 2024. 333 с. URL: <https://metod.suitt.edu.ua/download/788>
6. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство, розділ Матеріалознавство : Навч. посіб. / Л. Г. Бодрова, Г. М. Крамар, Я. О. Ковальчук, І. В. Коваль. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 157 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/41575/1/ba.pdf>
7. Паржницький О. В., Аушева С. В., Шулєпіна Г. Ю. Електроматеріалознавство : навч. посіб. для здобувач. проф. (проф.-тех.) освіти. Київ : Грамота, 2023. 224 с. URL: https://lib.imzo.gov.ua/wa-data/public/site/books2/posibnyky-prof-tech/Elektromaterialoznavstvo_27_01_2023_compressed.pdf
8. Сусліков Л. М., Дьордяй В. С. Фізика і технологія наноматеріалів : навч. посіб. для студентів фізико-технічних спеціальностей. Ужгород : Видавництво «Говерла», 2023. 437 с. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/56783/1/9A.pdf>
9. Дегула А. І., Харченко Н. А. Сучасні тенденції в матеріалознавстві :

конспект лекцій. Суми : Сумський державний університет, 2024. 137 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/98331/1/Dehula.pdf>

10. Кондрашев П. В. Матеріалознавство. Конспект лекцій : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування. – Електронні текстові дані. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 98 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/57993/3/Konspekt_lektsiy%CC%86_materi-aloznavstvo_2023.pdf

11. Кодекс етики академічних взаємовідносин та доброчесності Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» СУЯ ХПІ-ВЗЯОД-МР/10.1:2023. URL: <https://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/wp-content/uploads/sites/43/2024/04/Kodeks-etyky-akademichnyh-vzayemovidnosyn-ta-dobrochesnosti-Natsionalnogo-tehnichnogo-universytetu-Harkivskyj-politehnichnyj-in-stytut-.pdf>

12. СТЗВО-ХПІ-3.01-2021. Система стандартів з організації навчального процесу. Текстові документи у сфері навчального процесу. Загальні вимоги до виконання / Є. Сокол, Р. Мигущенко, С. Радогуз, В. Пильов, С. Хазієва, Г. Крупа. – На заміну СТЗВО-ХПІ-3.01-2018 ; [чинний з 2022-01-01]. Харків : НТУ «ХПІ», 2021. 52 с. URL: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/metodotdel/wp-content/uploads/sites/28/2021/12/STZVO-HPI-3.01-2021-SSONP.-Tekstovi-dokumenty-u-sferi-navchalnogo-protsesu.-Zagalni-vimogi-do-vikonannya.pdf>

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

1. <https://studfiles.net/>

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
2. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ.....	5
НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	32
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	32
ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ.....	33

Навчальне видання

Методичні вказівки
до виконання самостійної роботи
з навчальної дисципліни «Структура та властивості
кольорових металів і сплавів»
для студентів денної та заочної форм навчання
за спеціальністю 132 «Матеріалознавство»

Укладачі:

БІЛОЗЕРОВ Валерій Володимирович
ВОЛКОВ Олег Олексійович
ДРОБЕНЮК Тамара Іванівна
КНЯЗЄВА Ганна Олександрівна
КНЯЗЄВ Сергій Анатолійович
ПРОТАСЕНКО Тетяна Олександрівна
СУББОТІНА Валерія Валеріївна
СУББОТІН Олександр Володимирович
ТЕРЛЕЦЬКИЙ Олександр Семенович
ФЕДОРЕНКО Ганна Анатоліївна

Відповідальна за випуск проф. Субботіна В. В.
Роботу до видання рекомендувала проф. Пономаренко О. І.

В авторській редакції

План 2024 р., поз. 964

Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк.

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

Електронне видання