

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩІЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»**

КАФЕДРА Матеріалознавства та обробки матеріалів
(повна назва кафедри)



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор з науково-педагогічної
та навчальної роботи
Р. Б. Папірник

бересень 20 19 року

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Нові методи зміцнення конструкційних матеріалів
(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 132 «Матеріалознавство»
(шифр і назва спеціальності)
освітньо-професійна програма «Прикладне матеріалознавство»
(назва освітньої програми)
освітній ступінь бакалавр
(назва освітнього ступеня)
форма навчання денна
(денна, заочна, вечірня)
розробник Ротт Наталія Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. АНОТАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна спрямована на вивчення принципів зміцнення матеріалів, використання їх в умовах промисловості. Ознайомлення з новими технологічними процесами зміцнення конструкційних матеріалів: контрольована прокатка, термомеханічне зміцнення, легування в умовах ковшової металургії, інженерії.

2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

	Години	Кредити	Семестр	
			VIII	
Всього годин за навчальним планом, з них:	165	5,5	165	
Аудиторні заняття, у т.ч:	60		60	
лекції	30		30	
лабораторні роботи	14		14	
практичні заняття	16		16	
Самостійна робота, у т.ч:	105		105	
підготовка до аудиторних занять	15		15	
підготовка до контрольних заходів	15		15	
виконання курсового проекту	30	1	30	
опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	15		15	
підготовка до екзамену	30	1	30	
Форма підсумкового контролю			Екзамен	

3. СТИСЛИЙ ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни. Навчити студентів основам теорії зміцнення з використанням основних принципів зміцнення матеріалів. Навчити використовувати ці принципи в умовах виробничих технологічних процесів. Ознайомити з технологіями провідних фірм, які використовують контрольовану прокатку, термомеханічне зміцнення, прискорене охолодження та процеси зміцнення поверхні з формуванням аморфних та монокристалічних поверхневих шарів.

Завдання дисципліни: ознайомлення з основними процесами зміцнення конструкційних матеріалів; вивчення процесів формування структури та властивостей при температурно-деформаційній обробці конструкційних матеріалів; ознайомлення з основами контролюваної прокатки; ознайомлення з різними методами поверхневого зміцнення матеріалів та виробів.

Пререквізити дисципліни. Дисципліна перетинається з такими дисциплінами, як: «Методи структурного аналізу»; «Фізичні властивості і методи дослідження матеріалів»; «Металознавство»; «Фізико-хімічні методи аналізу»; «Термічна обробка»; «Теорія процесів формування структури та властивостей конструкційних матеріалів», «Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів».

Постреквізити дисципліни:

Дисципліна є базовою для вивчення наступних дисциплін: «Сучасні та перспективні технології виробництва конструкційних матеріалів», «Фізичні основи розробки матеріалів спеціального призначення».

Компетентності. Здатність забезпечувати якість матеріалів та виробів; здатність ефективно використовувати технічну літературу та інші джерела інформації в галузі матеріалознавства; здатність працювати в групі над великими інженерними проектами у сфері матеріалознавства; здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем; здатність використовувати практичні інженерні навички при вирішенні професійних завдань.

Заплановані результати навчання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати :

- які процеси в матеріалах забезпечують створення в матеріалах високоміцного стану.
- кінетику перетворення деформованого аустеніту та умови перетворень по проміжному механізму.
- принципи здійснення контролюваної прокатки.
- які нові способи виплавки сталі та її легування.
- технологічні процеси, які використовуються підприємствами та фірмами для виготовлення високоміцного прокату.
- сучасні метод зміцнення поверхневого шару виробів.

вміти :

- обирати процес зміцнення для матеріалів з різним хімічним складом в залежності від умов використання матеріалу.
- оцінювати структурні перетворення в залежності від режимів температурно-деформаційної обробки.
- оцінювати вплив різних легуючих елементів на механічні властивості сталей.
- оцінювати як впливають процеси зміцнення на експлуатаційні характеристики матеріалів

Методи навчання:

1. Методи організації і здійснення навчально-пізнавальної діяльності (пояснення, інструктаж, розповідь, лекція, бесіда, робота з підручником; ілюстрування, демонстрування, самостійне спостереження, вправи, лабораторні, практичні і дослідні роботи);
2. Методи стимулювання навчальної діяльності (навчальна дискусія, забезпечення

успіху в навчанні, пізнавальні ігри, створення ситуації інтересу у процесі викладення, створення ситуації новизни, опора на життєвий досвід студента; стимулювання обов'язку і відповідальності в навчанні);

Форми навчання: індивідуальні, групові, фронтальні, колективні.

4. СТРУКТУРА (ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН) ДИСЦИПЛІНИ

Назва змістових модулів і тем	Кількість годин, у тому числі				
	усього	л	п	лаб	с/р
Змістовий модуль 1. Термічне покращення сталей та сплавів. Термічне зміцнення металопрокату					
Теоретичні основи зміцнення сталей і сплавів. Основні процеси, що супроводжують зміцнення матеріалів. Природа процесів та внесок в загальний об'єм зміцнення. Особливості зміцнення феритно-перлітних сталей.	6	2	2		2
Вплив хімічних елементів на властивості сталей підвищеної міцності феритно-перлітного класу. Вплив хімічних елементів на температуру в'язко-крихкого переходу, величину зерна, механічні властивості.	6	2	2		2
Мікролеговані сталі високої міцності. Вплив елементів легування на формування структури та властивості низколегованих сталей. Вибір елементів для легування сталей феритно-перлітного класу. Результати досліджень різних сполук для легування сталей.	6	2	2		2
Термічне покращення сталей та сплавів. Принципи термічного покращення та використання в промислових умовах.	6	2	2		2
Особливості технологій виробництва сталей. Нові направлення. Сортамент та призначення труб для термічного зміцнення. Виробництва де використовується термічне зміцнення. Системи охолодження труб в потоці станів.	6	2	2		2
Термічне зміцнення прокату труб та обладнання для його здійснення. Вимірювання твердості за методами: Брінеллю, Роквеллу, Віккерсу, Кнупу, Шору (метод вдавлювання), Шору (метод пружного відскоку). Шкала Моосу. Метод шкрябання.	6	2	2		2
Зміцнення при прискореному охолодженні прокату. Види та сортамент прокату. Системи охолодження листів та іншого прокату. Структурні перетворення при прискореному охолодженні.	6	2	2		2
Термічне зміцнення з використанням тепла прокатного нагріву. Принцип термічного зміцнення з використанням тепла прокатного нагріву Термічне зміцнення арматурної сталі у потоці високошвидкісного стану з уз використанням тепла прокатного нагріву.	6	2	2		2

Структурні перетворення процесу.					
Особливості зварювання високоміцних сталей. Кінетика перетворювання аустеніту. Низьколеговані сталі з високими Z-властивостями. Особливості технології виробництва низьколегованої сталі. Безперервна розливка.	8				8
Разом за змістовим модулем 1	56	16	16	-	24
Змістовий модуль 2. Фізико-хімічні методи поверхневого зміцнення матеріалів.					
Перервана закалка. Структура та властивості прокату. Товстолистовий прокат. Особливості контролю. Фасонний прокат. Особливості контролю. Конструкційна анізотропія та властивості зміцненого прокату.	6	2		2	2
Механіко-термічне зміцнення прокату. Види та режими механіко-термічного зміцнення, формування структури та властивості.	12	4		4	4
Технологія контролльованої прокатки. Визначення контролльованої прокатки. Використання контролльованої прокатки для зміцнення в металах та сплавах. Використання легування при контролльованій прокатці. Прискорене охолодження при контролльованій прокатці. Структурні перетворення процесу.	6	2		2	2
Методи поверхневого зміцнення металів. Плазмово-дугова та лазерна обробка поверхонь створення поверхневих аморфних та нанокристалічних структур. Використання енергії вибуху для зміцнення матеріалів. Методи PVD і CVD.	12	4		4	4
Методи хіміко-термічної обробки. Основи процесів цементації, азотування та інші методи зміцнення поверхні виробів.	6	2		2	2
Корозійна стійкість будівельних сталей. Опір змінним навантаженням зміцнених будівельних матеріалів та їх зварних з'єднань. Товстолистовий прокат з високими характеристиками в'язкості, отриманий процесом SHT. Технологічні і експлуатаційні властивості та досвід використання будівельної сталі підвищеної та високої міцності. Високоміцні композиційні матеріали та способи їх виготовлення.	7				7
Разом за змістовим модулем 2	49	14		14	21
Змістовий модуль 3 (курсовий проект). Сучасні методи зміцнення конструкційних матеріалів					
Класифікація і хімічний склад високоміцних сталей для будівельних конструкцій. Analog зарубіжних стандартів. Дисперсне зміцнення сталі. Вплив хімічних елементів на властивості сталей підвищеної міцності ферито-перлітного класу. Конструктивна анізотропія та властивості	30	-	-	-	30

зміщеного прокату. Технологія контролюваної прокатки. Високоміцні термічно поліпшені сталі з молібденом. Структура і властивості низьколегованих сталей при ізотермічном перетворенні аустеніту. Мікро леговані сталі високої міцності нового покоління з границею текучості 400-500Н/мм ² . Термічно поліпшеністалі. Внепічна обробка чугуна та сталі. Термічне змінення з використанням тепла прокатного нагріва. Методи поверхневого змінення металів. Високоміцні композиційні матеріали. Перервна закалка. Обладнання для прискореного охолодження. Термомеханічна обробка сталі і сплавів. Гаряча деформація аустеніту при контролюваній прокатці. Формування структури та властивостей при прискореному охолодженні прокату. Нагрівальні печі ,що використовуються при контролюваній прокатці. Термічно змінена арматура. Технологія термомеханічної обробки катанки для виробництва високоміцних арматурних пружин.					
Разом за змістовим модулем 3	30	-	-	-	30
Підготовка до екзамену	30	-	-	-	30
Усього годин	165	30	16	14	105

5. ЛЕКЦІЙНИЙ КУРС

№ зан.	Тема заняття	Кількість годин
1	Теоретичні основи змінення сталей і сплавів.	2
2	Вплив хімічних елементів на властивості сталей підвищеної міцності феритно-перлітного класу.	2
3	Мікролеговані сталі високою міцністі.	2
4	Термічне покращення сталей та сплавів.	2
5	Особливості технології виробництва сталей. Нові направлення.	2
6	Термічне змінення прокату труб та обладнання для його здійснення.	2
7	Змінення при прискореному охолодженні прокату.	2
8	Термічне змінення з використанням тепла прокатного нагріву.	2
9	Перервна закалка.	2
10, 11	Механіко-термічне змінення прокату.	4
12	Технологія контролюваної прокатки.	2
13, 14	Методи поверхневого змінення металів.	4
15	Методи хіміко-термічної обробки.	2

6. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ зан.	Тема заняття	Кількість годин
1	Визначення взаємозв'язку механічних властивостей сталей при подрібненні їх зерен	2
2	Вплив перлітної полосчатості на механічні властивості сталей	2
3, 4	Структура та властивості низьколегованої сталі при ізотермічному перетворенні аустеніту.	4
5, 6	Методики оцінки зміщення металів.	4
7, 8	Методи оцінки експлуатаційних властивостей високоміцних матеріалів.	4

7. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ зан.	Тема заняття	Кількість годин
1	Оцінка вмісту вуглецю в прокаті вуглецевих сталей за структурою	2
2, 3	Оцінка конструктивної міцності методами механіки руйнування	4
4, 5	Оцінка конструкційної міцності сталі по параметрам її структури	4
6, 7	Оцінка конструктивної анізотропії зміщеного прокату.	4

8. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ п/п	Вид роботи / Назва теми	Кількість годин
1.	підготовка до аудиторних занять	15
2.	підготовка до контрольних заходів	15
3.	виконання курсового проекту: Класифікація і хімічний склад високоміцних сталей для будівельних конструкцій. Аналог зарубіжних стандартів. Дисперсне зміщення сталі. Вплив хімічних елементів на властивості сталей підвищеної міцності ферито-перлітного класу. Конструктивна анізотропія та властивості зміщеного прокату. Технологія контролюваної прокатки. Високоміцні термічно поліпшені сталі з молібденом. Структура і властивості низьколегованих сталей при ізотермічном перетворенні аустеніту. Мікро леговані сталі високої міцності нового покоління з границею текучості $400-500\text{Н}/\text{мм}^2$. Термічно поліпшені сталі. Внепічна обробка чугуна та сталі. Термічне зміщення з використанням тепла прокатного нагріва. Методи поверхневого зміщення металів. Високоміцні композиційні матеріали. Перервна закалка. Обладнання для прискореного охолодження. Термомеханічна обробка сталі і сплавів. Гаряча деформація аустеніту при контролюваній прокатці. Формування структури та властивостей при прискореному охолодженні прокату. Нагрівальні печі, що використовуються при контролюваній прокатці. Термічно зміщена арматура. Технологія термомеханічної обробки катанки для виробництва високоміцних арматурних пружин.	30
4.	опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях: Особливості зварювання високоміцних сталей. Кінетика перетворювання аустеніту. Низьколеговані сталі з високими Z-властивостями. Особливості технології виробництва низьколегованої сталі.	15 1 1 1 1

	Безперервна розливка.	1
	Корозійна стійкість будівельних сталей.	1
	Опір змінним навантаженням змінених будівельних матеріалів та їх зварних з'єднань.	3
	Товстолистовий прокат з високими характеристиками в'язкості, отриманий процесом SHT.	3
	Технологічні і експлуатаційні властивості та досвід використання будівельної сталі підвищеної та високої міцності.	2
	Високоміцні композиційні матеріали та способи їх виготовлення.	1
5.	підготовка до екзамену	30

9. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Письмовий, усний.

10. ПОРЯДОК ТА КРИТЕРІЙ ОЦІНЮВАННЯ

Змістовий модуль 1. Термічне покращення сталей та сплавів. Термічне змінення металопрокату.

Максимальна оцінка за змістовий модуль – 100 балів. Оцінка поточного контролю змістового модулю 1 складається з:

- присутності та роботи студента на лекціях – максимальна кількість – 16 балів;
- практичні заняття – максимальна кількість – 20 балів;
- контрольної роботи (максимальна кількість 64 балів).

Присутність та робота студента на лекціях – 2 бали за лекцію, якщо студент активно брав участь в обговоренні теми лекції – 2 бали, якщо був неактивний – 1 бал, якщо студент не був присутнім – 0 балів.

Практичні заняття. Максимальна кількість балів – 20. Загальна кількість практичних занять – 5 (4 бали за практичне заняття). За практичне заняття нараховують:

- студент повністю розкрив суть питання, надав правильні теоретичні тлумачення експериментальним даним – 4 бали;
- студент розкрив суть питання, але у відповіді допущені неправильні обґрунтування експериментальних даних – 3 або 2 бали;
- студент не відповідав на запитання викладача, але брав участь у обговоренні питань – 1 бал;
- за повну відсутність відповіді - 0 балів.

Контрольна робота складається з чотирьох рівноважних питань курсу. Максимальна кількість балів за кожне питання – 16 балів. На кожне питання поточного контролю **нараховують**:

- студент повністю розкрив суть питання, надав правильні теоретичні тлумачення процесам та ефектам – 16 балів;
- студент розкрив суть питання, але схеми та формули мають не принципові помилки, відсутня необхідна деталізація відповідних концепцій – 15 – 10 балів;
- студент розкрив суть питання, але у відповіді допущені неправильні тлумачення явищ та відповідних процесів – 9 – 5 балів;
- студент не повністю розкрив суть питання, у відповіді допущені грубі помилки (формули мають принципові неузгодженості, відповідь не обґрунтовано на належному рівні) – 4 – 1 бал;
- за повну відсутність відповіді – 0 балів.

Змістовий модуль 2. Фізико-хімічні методи поверхневого змінення матеріалів.

Максимальна оцінка за змістовий модуль – 100 балів. Оцінка поточного контролю змістового модулю 2 складається з:

- присутності студента на лекціях – максимальна кількість – 14 балів;
- лабораторні заняття – максимальна кількість – 52 бали;
- контрольної роботи (максимальна кількість 34 бали).

Присутності студента на лекціях – 2 бали за лекцію, якщо студент активно брав участь в обговоренні теми лекції – 2 бали, якщо неактивний був – 1 бал, якщо студент не був присутнім – 0 балів.

Лабораторні заняття. Максимальна кількість балів – 52. Загальна кількість лабораторних робіт – 4 (13 балів за кожну лабораторну роботу). За кожну лабораторну роботу **нараховують:**

- студент повністю розкрив суть питання, надав правильні теоретичні тлумачення експериментальним даним – 13 балів;
- студент розкрив суть питання, але у відповіді допущені неправильні обґрунтування експериментальних даних – 12 – 6 балів;
- студент не відповідав на запитання викладача, але брав участь у обговоренні питань – 5 – 1 балів;
- за повну відсутність відповіді - 0 балів.

Контрольна робота складається з чотирьох рівноважних питань теоретичного курсу. Максимальна кількість балів за кожне питання – 8,5 балів. На кожне питання поточного контролю **нараховують:**

- студент повністю розкрив суть питання, надав правильні теоретичні тлумачення процесам та ефектам – 8,5 – 8 балів;
- схеми та формули мають не принципові помилки, відсутня необхідна деталізація відповідних концепцій – 7 – 4 балів;
- студент розкрив суть питання, але у відповіді допущені неправильні тлумачення явищ та відповідних процесів – 3 – 2 бали;
- студент не повністю розкрив суть питання, у відповіді допущені грубі помилки (формули мають принципові неузгодженості, відповідь не обґрунтовано на належному рівні) – 1 бал;
- за повну відсутність відповіді – 0 балів.

При підрахунку загальної суми балів за контрольну роботу результати округлюються в більшу сторону з урахуванням інтересів студента.

Змістовий модуль 3 (курсовий проект).

Максимальна оцінка за *курсовий проект* – 100 балів. Курсовий проект складається з чотирьох рівноважних розділів. Максимальна кількість балів за кожен розділ – 25 балів. На кожен розділ курсової роботи **нараховують:**

- за повністю викладений розділ – 25 балів;
- розрахункова частина розділу має не принципові помилки, відсутня необхідна деталізація – 24-20 балів;
- студент виконав експериментальні розрахунки, але у відповіді допущені неправильні тлумачення – 19-11 балів;
- студент неповністю виконав завдання розділу курсової роботи, у відповіді допущені грубі помилки – 10-1 балів;
- за повну відсутність розрахункової частини – 0 балів.

Екзамен

Екзаменаційна робота складається з чотирьох рівноважних питань теоретичного курсу. Максимальна кількість балів за кожне питання – 25 балів. На кожне питання екзаменаційної роботи **нараховують:**

- за повну відповідь – 25 балів;
- студент розкрив суть питання, але схеми та формули мають не принципові помилки, відсутня необхідна деталізація – 24-20 балів;

- студент розкрив суть питання, але у відповіді допущені неправильні тлумачення – 19-10 балів;
- студент не повністю розкрив суть питання, у відповіді допущені грубі помилки – 9-1 балів;
- за повну відсутність відповіді – 0 балів.

Підсумкова оцінка з дисципліни визначається як середньоарифметичне між оцінками змістових модулів 1 і 2 та оцінкою екзамену.

Порядок зарахування пропущених занять: захист реферату за темою пропущеного заняття з лекційного курсу або відпрацювання пропущеної лабораторної роботи або практичного заняття шляхом виконання відповідного завдання згідно з тематикою роботи.

11. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Скороходов В.Н., Одесский П.Д. Рудченко А.В. Строительная сталь. М.: Металлургиздат. – 2002. – 622 с.
2. Тылкин М.А., Большаков В.И., Одесский П.Д. Структура и свойства строительной стали. М.: Металлургия. – 1983. – 287 с.
3. Гольдштейн М.И., Литвинов В.С., Броидли Б.И. Металлофизика высокопрочных сплавов. – М.: Металлургия. – 1986. – 312 с.
4. Гольдштейн М.И., Фарбер В.М. Дисперсионное упрочнение стали. – М.: Металлургия. – 1979. – 207 с.
5. Большаков В.И. Упрочнение строительных сталей. – Д.:Сич. – 1993. – 334 с.
6. Стародубов К.Ф., Узлов И.Г., Савенков В.Я. и др. Термическое упрочнение проката. – М.: Металлургия. – 1970. – 368 с.
7. Бернштейн М.Л., Зайлевай В.А., Капуткина Л.М. Термомеханическая обработка стали. – М.: Металлургия. – 1983. – 480 с.
8. Большаков В.И., Рычагов В.Н., Флоров В.К. Термическая и термомеханическая обработка сталей.
9. Большаков В.И., Сухомлин Г.Д., Лаухин Д.В. Атлас металлов и сплавов. Учебное пособие. – ГВУЗ «Приднепровская государственная академія строительства и архитектуры». – 2010. – 174 с.

Допоміжна

1. Приборы и методы физического металловедения. Выпуск 2. Пер. с англ. / под ред. Ф.Вейнберга. М.: «Мир», 1974. – 363 с.
2. Утевский Л.М. Дифракционная электронная микроскопия в металловедении. М.: Металлургия, 1973 – 584с.
3. Горелик С.С., Растиргуев Л.Н., Скаков Ю.А. Рентгенографический и электронномикроскопический анализ. – М.: Металлургия, 1970 – 368с.
4. Эндрюс К., Дайсон Д., Киоун С. Электронограммы и их интерпритация. М.: Мир, 1971 – 256с.
5. А.А. Батаев, В.А. Батаев, Л.И. Тушинский, С.А. Которов, Д.Е. Буторин, Д.А.Суханов, З.Б. Батаева, А.И. Смирнов, А.В. Плохов Физические методы контроля качества материалов. – Новосибирский государственный технический университет, 2000. – 103 с.
6. Аверко-Антонович И.Ю., Бикмуллин Р.Т. Методи исследования структурі и свойств полимеров. Учебное пособие. – Казань, 2002 - 604 с.
7. M. W. Davidson and M. Abramowitz Optical microscopy. Methodical lection. – 40 p.
8. Hans Mulders Charged particle Beam Tools for Micro and Nanotechnology. Methodical lection. – 99 p.

12 INTERNET-РЕСУРСИ

1. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Просвічаючий^електронный_микроскоп](http://ru.wikipedia.org/wiki/Просвічаючий_електронний_микроскоп)
2. <http://www.slideshare.net/btolfa/ss-2601869>
3. <http://irmt.ru/index.php/experbase/tem>
4. [http://www.elmic.narod.ru/microscopyo 1 .html](http://www.elmic.narod.ru/microscopyo_1.html)
5. <http://ru.wikipedia.org/wiki/металлография>
6. <http://www.metallografiya.ru/>
7. <http://www.nalkho.com/information/micro/>
8. <http://www.modificator.ru/terms/metallography.html>
9. [http://ru.wikipedia.org/wiki/растровый_электронный_микроскоп](http://ru.wikipedia.org/wiki/растровий_электронный_микроскоп)
10. <http://lab.bmstu.ru/rem/index.htm>
11. <http://ufn.ru/ru/articles/1969/12/d/>
12. <http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article889>
13. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/nanotechnology/461/полевая>
14. <http://www.optec.zeiss.ru/news/07-04-2010/vozmozhnos.html>
15. [http://www.spm.genebee.msu.ru/members/gallyamov/gal_yam/gal_yam_1 .html](http://www.spm.genebee.msu.ru/members/gallyamov/gal_yam/gal_yam_1.html)
16. http://www.nanoscropy.org/ebook/pagl3_17.html

Розробник Геннадій Ротт (Н. О. Ротт)
(підпис)

Гарант освітньої програми Дмитро Ляухін (Д. В. Ляухін)
(підпис)

Силабус затверджено на засіданні кафедри матеріалознавства та обробки матеріалів
Протокол від «16» вересня 2019 року № 3