



Механічні властивості матеріалів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>З курсу, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити / 120 год. (лекції - 12 годин, лабораторні роботи - 8 годин, СРС - 100 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен/домашня контрольна робота/розрахункова графічна робота</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Соловйова Тетяна Олександрівна, e-mail: taso-iff@ill.kpi.ua Лабораторні: к.т.н., доцент Соловйова Тетяна Олександрівна, e-mail: taso-iff@ill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/Mzg4ODM4MDQ4NTQ1?cjc=445b6pg</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна «Механічні властивості матеріалів» розроблена таким чином, щоб розглянути механічну поведінку матеріалів з залежності від їх природи, напружено-деформованого стану та умов випробувань.

Метою навчальної дисципліни – є навчити студентів експериментально визначати, теоретично аналізувати та прогнозувати фізико-механічні властивості матеріалів, в залежності від їх хімічного складу, природи хімічного зв'язку та мікроструктури; розвиток **загальних компетентностей**, які полягають у здатності застосування знань у практичних ситуаціях; а також розвиток **фахових компетентностей**, які полягають у:

- здатність застосування знань у практичних ситуаціях;
- здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства;
- здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем;
- здатність застосовувати навички роботи із випробувальним устаткуванням для вирішення матеріалознавчих завдань;

Предмет навчальної дисципліни “Механічні властивості матеріалів” – основні закономірності механічної поведінки матеріалів і вплив на неї різних факторів: атомно-кристалічної будови, структури, методу отримання, виду навантаження, навколишнього середовища, тощо.

Після засвоєння навчальної дисципліни студент повинен:

- володіти логікою та методологією наукового пізнання;
- використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна викладається в шостому семестрі підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти. Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення навчальної дисципліни “Механічні властивості матеріалів”: «Фізика», «Хімія», «Фізична хімія», «Кристалографія, кристалохімія та мінералогія», «Фізика конденсованого стану», «Основи металознавства».

Знання, що студент отримує під час вивчення дисципліни «Механічні властивості матеріалів» необхідні для поглибленого вивчення таких дисциплін: «Фізика міцності і руйнування», «Вибір і комп'ютерний дизайн матеріалів», «Інженерне матеріалознавство».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальні поняття із механічних властивостей

Тема 1.1 Дефекти кристалічної ґратки.

Тема 1.2 Напружений і деформований стан матеріалів

Тема 1.3 Механічні випробування матеріалів

Розділ 2. Пружна деформація.

Тема 2.1 Пружні властивості матеріалів

Тема 2.2 Непружні властивості матеріалів

Розділ 3. Пластична деформація.

Тема 3.1 Пластичність матеріалів

Тема 3.2 Деформаційне зміцнення матеріалів

Тема 3.3 Руйнування матеріалів

Розділ 4. Статичні методи випробувань.

Тема 4.1 Твердість матеріалів та методики її визначення

Тема 4.2 Випробування на міцність

Тема 4.3 Механічні властивості композиційних матеріалів

Розділ 5. Динамічні випробування.

Тема 5.1 Динамічні випробування.

Розділ 6. Високотемпературні випробування.

Тема 6.1 Жароміцність матеріалів

Розділ 7. Циклічні випробування.

Тема 7.1 Втомна міцність.

Розділ 8. Конструкційна міцність матеріалів.

Тема 8.1 Конструкційна міцність матеріалів

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базовалітература

1. Основимеханікируйнування :навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., якінавч. за напр. підгот. "Інженернематеріалознавство" / В.С. Майборода [та ін.] ;Мін-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ". - Київ : НТУУ "КПІ", 2010. - 124 с.

2. Богданов В. Л. Основы экспериментальных методов механики деформированного твердого тела : навчальний посібник / В.Л. Богданов, Я.О. Жук, О.С. Богданова ; Національна академія наук України, Міністерство освіти і науки України, Відділення цільової підготовки Київського національного університету імені Тараса Шевченка. - Київ : Академперіодика, 2016. - 278 с.
3. Рябічева Л. О. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів : навч. посіб. / Л.О. Рябічева ; М-во освіти і науки України, Східноукраїнський нац. ун-т ім. В. Даля. - Луганськ : [Вид-во СХУ ім. В. Даля], 2013. - 355 с.
4. Пчелінцев В. О. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів : навч. посібн. / В.О. Пчелінцев, А.І. Дегула ; Мін-во освіти і науки, молоді та спорту України, Сумський держ. ун-т. - Суми : Сумський державний університет, 2012. - 246 с.
5. Шкриль О. О. Механіка руйнування : спецкурс : навчальний посібник для студентів галузі знань "Архітектура та будівництво" спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" освітнього рівня "магістр" / О.О. Шкриль ; Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет будівництва і архітектури. - Київ : КНУБА, 2020. - 103 с.

Додаткова література

1. Трефилов В. И. Физические основы прочности и пластичности тугоплавких металлов / В.И. Трефилов, Ю. В. Мильман, С. А. Фирстов. – Киев: Наукова думка, 1975. – 315 с.
2. Орован Е. Классическая дислокационная теория хрупкого разрушения / Е. Орован. – М. : Металлургия, 1963. – 170 с.
3. Черепанов Г. П. Механика хрупкого разрушения / Г. П. Черепанов. – Москва : Наука, 1974. – 640 с.
4. Фомина О. Н. Порошковая металлургия. Энциклопедия международных стандартов / О.Н. Фомина, С. Н. Суворова, Я. М. Турецкий – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1999. – 312 с.
5. Структура и прочность порошковых материалов / под ред. С. А. Фирстова, М. Шлесара. – К. : Наукова думка, 1993. – 174 с.
6. Андриевский Р. А. Прочность тугоплавких соединений и материалов на их основе : справочник / Р. А. Андриевский, И. И. Спивак. – Челябинск : Металлургия, 1989. – 367 с.
7. Владимиров В. И. Физическая природа разрушения металлов / В. И. Владимиров. – Москва : Металлургия, 1984. – 280 с.
8. Костин П. П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов / П. П. Костин. – Москва : Машиностроение, 1990. – 256 с.

Примірники основної навчальної літератури доступні студентам з фондів НТБ та з інтернет-ресурсів.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Заняття 1. Вступ. Предмет розгляду вчення про механічні властивості матеріалів. Історичні відомості. Багаторівневий аналіз механічної поведінки матеріалів. *Література: [1]-[3].*

Заняття 2. Дефекти кристалічної будови матеріалів. Нульмірні, лінійні та об'ємні. *Література: [1]-[3].*

Заняття 3. Дислокаційна структура кристалу. Основні властивості дислокацій. Геометричні характеристики дислокацій. Знак дислокацій. Дислокаційні петлі. Рух дислокацій. Сила, що діє на дислокацію. Дислокаційна структура кристалу. Розмноження дислокацій. Джерело Франка-Ріда. Подвійне поперечне ковзання. *Література: [1]-[3].*

Заняття 4. Механічні випробування матеріалів.

Види механічних випробувань. Техніка механічних випробувань. Зразки для механічних випробувань. Первісна діаграма навантаження-подовження. Умовна діаграма напруження - відносна деформація. Механічні характеристики, що визначаються при випробуванні матеріалів на розтяг. Діаграма розтягу. *Література: [2]-[4].*

Заняття 5. Механічні характеристики матеріалу. Вплив різних факторів на механічні властивості матеріалів. Типові діаграми розтягування різних матеріалів. Розрахунок на міцність при розтягу (стиску). Умови міцності і жорсткості. *Література: [2]-[4].*

Заняття 6. Критерії руйнування матеріалів. Загальні відомості про руйнування матеріалів. Енергетичний критерій руйнування. Критерій Грифітса. Силовий критерій руйнування. Тріщиностійкість матеріалу. *Література: [3]-[5].*

Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять: підтвердження теоретичних знань, оволодіння практичними навичками дослідження фізичних властивостей матеріалів.

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Кількість ауд.год.
1	Лабораторна робота №1 Визначення основних механічних характеристик матеріалів при випробуваннях на розтяг	4
2	Лабораторна робота №2 Дослідження впливу зеренної структури на механічні властивості матеріалів	4
Всього		8

Індивідуальні завдання

1. Написання домашньої контрольної роботи (ДКР). Мета написання домашньої контрольної роботи полягає у освоєнні тем з Розділів 2, 3 і 5. Завдання на ДКР (Додаток А) видається студенту на другому лекційному занятті.
2. Виконання розрахункової графічної роботи (РГР). Основною ціллю є закріплення знань та умінь студентів по розрахунку механічних характеристик матеріалів та конструкцій. Тематика розрахунково-графічної роботи спрямована на розрахунок механічних характеристик металевих матеріалів. Завдання на РГР (Додаток Б) видається студенту на третьому лекційному занятті.

6. Самостійна робота студента

Написання однієї домашньої контрольної роботи (ДКР) – 10 годин;

Виконання розрахункової графічної роботи (РГР) – 10 годин;

Підготовка звіту та до захисту лабораторних робіт – 4 години;

Самостійне опрацювання матеріалу по темах (46 годин):

Непружні властивості матеріалів. Явище гістерезису. Внутрішнє тертя. Пружна пряма і зворотна післядія. Ефект Баушингера. Література: [1]-[3].

Релаксація напружень. Пружний гістерезис. Пластичний гістерезис. Пружно-пластичний гістерезис. Література: [1]-[3].

Пластичність матеріалів. Пластичність матеріалів. Дислокаційний механізм пластичної деформації. Площини ковзання для різних типів кристалічних ґраток. Макроскопічні сліди ковзання. Сили, що викликають ковзання. Закон Шмідта. Література: [1]-[3].

Пластична деформація полікристалів. Фізична природа границі пластичності. Локалізація початкової стадії мікродеформації. Вплив швидкості деформування на величину пластичної деформації. Зуб текучості. Література: [3].

Опір пластичній деформації. Вплив температури на границю текучості. Вплив далекодіючих напружень. Вплив факторів, що пов'язані з площинними дефектами. Література: [1], [4].

Деформаційне зміцнення матеріалів. Фізичні причини деформаційного зміцнення. Еволюція дислокаційної структури при деформації. Утворення комірчастої структури. Структурна чутливість кривої деформаційного зміцнення. Література: [1]-[3], [5].

Критерії руйнування матеріалів. Загальні відомості про руйнування матеріалів. Енергетичний критерій руйнування. Критерій Грифітса. Силовий критерій руйнування. Тріщиностійкість матеріалу. Література: [3]-[5].

Механізми руйнування матеріалів. Класифікація механізмів руйнування. Крихкий скол. Квазікрихке руйнування. Скол з релаксацією. В'язке руйнування. Міжзеренне руйнування. Література: [1], [3], [7]-[9].

Твердість матеріалів та методики її визначення. Твердість матеріалів. Твердість при вдавлюванні. Вдавлювання кульки. Твердість по Бріннелю. Вдавлювання конуса і піраміди. Мікромеханічні характеристики матеріалів. Вдавлювання кульки і конуса з попереднім навантаженням. Твердість при дряпанні. Твердість по Шору. Твердість при ударному вдавлюванні кульки - динамічна твердість. Література: [1], [4].

Особливості механічних властивостей композиційних матеріалів. Механічні властивості композиційних матеріалів. Класифікація композиційних матеріалів. Матриця. Армуючий елемент. Методи одержання композиційних матеріалів. Особливості механічних властивостей композиційних матеріалів. Розрахунок міцності композиційних матеріалів. Література: [2]-[4].

Жароміцність матеріалів. Жароміцність. Випробування матеріалів на жароміцність. Межа тривалої міцності. Повзучість матеріалів. Література: [1], [2].

Конструкційна міцність матеріалів. Конструкційна міцність матеріалів. Розрахунок міцності конструкції за допустимими напруженнями. Розрахунок міцності конструкції за граничним станом. Розрахунки конструкцій при розтягуванні й стисканні. Розрахунки конструкцій при згині. Література: [3], [5].

Підготовка до екзамену – 30 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед здобувачем:

- Відвідування усіх видів занять є бажаним.
- Завдання пропущеного практичного заняття здобувач повинен виконати в час, узгоджений з викладачем.
- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні.
- Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 5 балів.
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.
- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і здобувачі в процесі вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Оцінювання навчальної діяльності здобувача проводиться за PCO-2, що складається з двох складових:

1. стартової - оцінювання впродовж семестру;
2. підсумкової - оцінювання результатів навчальної діяльності здобувача під час проведення семестрового контролю.

Впродовж семестру здобувач отримує бали за:

- виконання та захист лабораторних робіт (максимум 10 балів за 1 роботу, всього 20 балів);
- домашню контрольну роботу (максимум 15 балів);
- розрахункову графічну роботу (максимум 15 балів).

Максимальна стартова оцінка, яку здобувач може отримати за семестр становить 50 балів.

Семестровий контроль дисципліни передбачений у вигляді екзамену (максимум 50 балів).

Умови допуску до екзамену: зарахування всіх лабораторних робіт і стартова оцінка ≥ 30 і більше балів.

Екзамен проводиться у вигляді письмової роботи тривалістю 1 година; завдання включає в себе 2 теоретичні питання з Додатку В (відповідь на 1 запитання оцінюється максимум в 25 балів).

Критерії екзаменаційного оцінювання для двох питань (де R- максимальна кількість балів за 1 питання)

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) - $(0,95-1)R$;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) - $(0,75-0,94)R$;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) - $(0,6-0,74)R$;
- «незадовільно» – 0.

Рейтингова оцінка (R_D) з дисципліни формується, як сума балів поточної успішності навчання – стартової оцінки (r_c) та балів, отриманих на екзамені (r_e):

$$R_D = r_c + r_e$$

r_c – стартова оцінка;

r_e – екзамен.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- У випадку проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою курсу, що підтверджується відповідними сертифікатами, додатково нараховуються 10 балів.

- Лабораторні роботи плануються з максимальним використанням обладнання лабораторій кафедри ВТМ та ПМ, яке застосовується при одержанні та дослідженні широкого спектру матеріалів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри ВТМ та ПМ, к.т.н. Соловйовою Т.О.

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 17 від 26 червня 2024 р.)

Погоджено Методичною комісією

Навчально-наукового Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О Патона
(протокол № 12/24 від 28 червня 2024 р.)

Приклад запитань до домашньої контрольної роботи

по курсу: **“Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів”**

1. Дислокаційна структура кристалу.
2. Пружні властивості матеріалів.

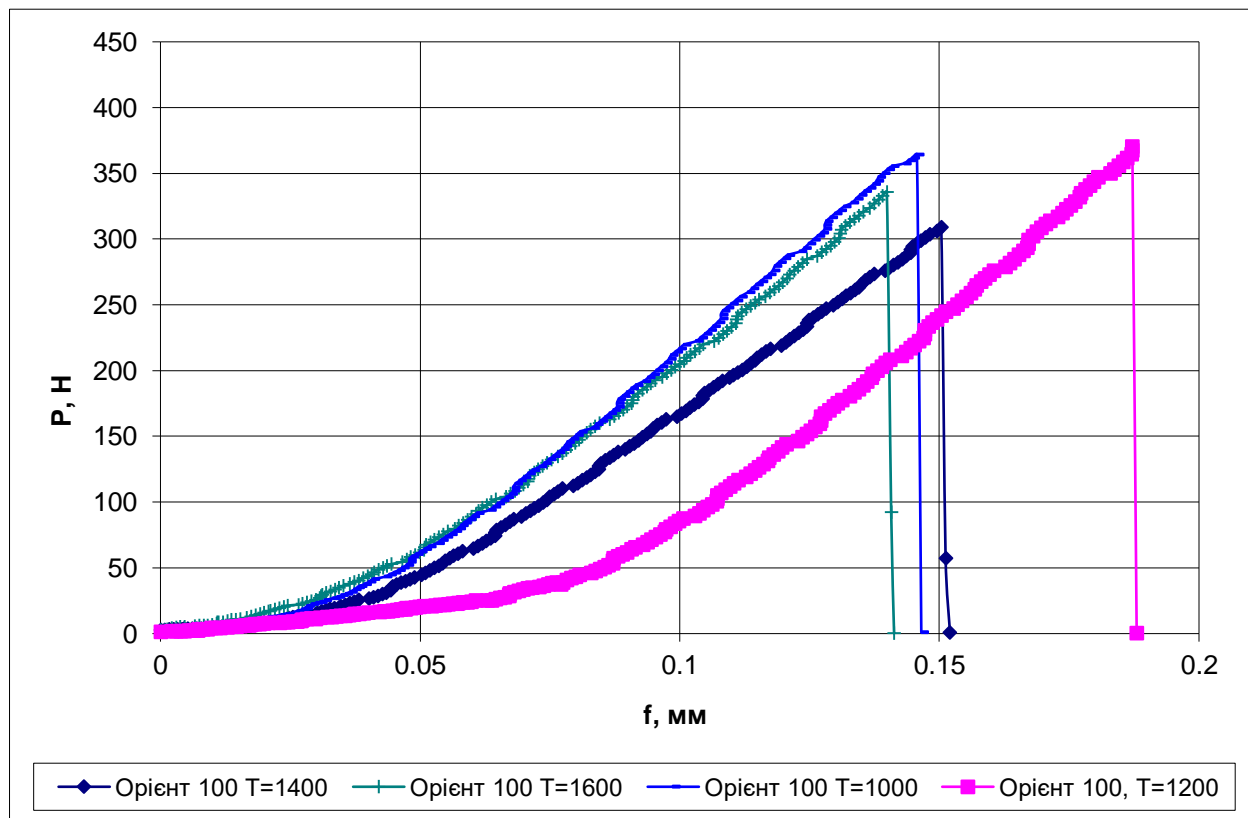
Приклад запитань до розрахункової графічної роботи

по курсу: “Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів”

Розрахувати границю міцності та модуль пружності матеріалу по заданих первинних діаграмах навантаження для кожної температури (див. завдання). Побудувати графіки залежності границь міцності та модулів пружності від температури. Описати і пояснити отримані залежності, використовуючи матеріали з лекційного курсу та додаткової літератури. Зробити висновок про фактори, які впливають на механічні властивості керамічних матеріалів при високих температурах.

Порівняти одержані дані по міцності з аналогічними літературними даними.

Завдання. Матеріал: LaB_6 -15% TiB_2 спрямовано закристалізований з орієнтацією $\langle 100 \rangle$,
 $b=3$ мм, $h=2.5$ мм, $l=16$ мм



Перелік питань на семестровий контроль

по курсу: **“Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів”**

1. Поняття про механічні властивості і характеристики
2. Багаторівневий аналіз механічної поведінки матеріалів.
3. Теоретична оцінка міцності твердих тіл.
4. Класифікація дефектів кристалічної будови матеріалів
5. Точкові дефекти
6. Лінійні дефекти в кристалах.
7. Крайова дислокація
8. Гвинтова дислокація
9. Основні властивості дислокацій
10. Дислокаційна структура кристалу
11. Розмноження дислокацій
12. Плоскі дефекти кристалічної ґратки
13. Границі субзерен
14. Плоскі скупчення дислокацій
15. Двійники
16. Границі зерен
17. Об'ємні дефекти кристалічної ґратки
18. Напружений та деформований стан матеріалів
19. Напруження при розтягу (стиску).
20. Деформації при розтягу (стиску)
21. Закон Гука
22. Узагальнений Закон Гука.
23. Потенціальна енергія деформації.
24. Види напружених та деформованих станів
25. Види механічних випробувань.
26. Техніка механічних випробувань.
27. Зразки для механічних випробувань.
28. Діаграма розтягу.
29. Діаграма стиснення
30. Вплив різних факторів на механічні властивості матеріалів.
31. Пружні властивості матеріалів.
32. Непружні властивості матеріалів
33. Пружна пряма і зворотна післядія.
34. Ефект Баушингера.
35. Релаксація напружень.
36. Непружні явища при коливаннях
37. Механізм пластичної деформації
38. Пластична деформація ГЦУ матеріалів
39. Пластична деформація ОЦК матеріалів
40. Пластична деформація ГЦК матеріалів
41. Пластична деформація полікристалів.
42. Фізична природа границі пластичності.
43. Вплив швидкості деформування на величину пластичної деформації
44. Зуб текучості
45. Вплив температури на границю текучості
46. Опір пластичній деформації
47. Фізичні причини деформаційного зміцнення
48. Еволюція дислокаційної структури при деформації

49. Структурна чутливість кривої деформаційного зміцнення
50. Загальні відомості про руйнування матеріалів
51. Енергетичний критерій руйнування
52. Силовий критерій руйнування
53. Механізми руйнування матеріалів
54. Крихке руйнування
55. Квазікрихке руйнування
56. В'язке руйнування
57. Міжзеренне руйнування
58. Втомне руйнування
59. Фрактографія
60. Твердість матеріалів
61. Твердість при вдавлюванні
62. Твердість по Бріннелю
63. Твердість по Роквелу
64. Твердість по Вікерсу
65. Твердість при дряпанні
66. Пружний відскок кульки - твердість по Шору
67. Твердість при ударному вдавлюванні кульки - динамічна твердість
68. Твердість при підвищених температурах
69. Класифікація композиційних матеріалів
70. Структура композиційних матеріалів
71. Вимоги до структурних елементів композиційних матеріалів
72. Особливості механічних властивостей композиційних матеріалів
73. Розрахунок міцності композиційних матеріалів
74. Жароміцність
75. Повзучість
76. Низькотемпературна повзучість
77. Високотемпературна повзучість
78. Дифузійна повзучість
79. Конструкційна міцність матеріалів
80. Розрахунок конструкційної міцності за допустимими напруженнями.
81. Розрахунок конструкційної міцності за граничним станом.
82. Методи підвищення конструкційної міцності.