



НАДТВЕРДІ МАТЕРІАЛИ ТА ТВЕРДІ СПЛАВИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія¹</i>
Спеціальність	<i>132-21 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, 2 семестр (весняний)</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік / МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=20e01179-2baa-4019-83af-cfda884dd0d4</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., старший дослідник, Солодкий Є.В., evgen.solodky@gmail.com² Практичні: к.т.н., старший дослідник, Солодкий Є.В., evgen.solodky@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?session=478952b96f5d</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Знання набуті за час вивчення дисципліни дозволять студентам самостійно проводити науково-дослідну роботу, аналізувати отримані результати та оформлювати звіти з курсової та дипломної роботи відповідно до чинного законодавства України.

Метою навчальної дисципліни є формування у здобувачів здатностей:

- визначати основні фізичні, механічні та фізико-хімічні явища, які призводять до зносу триботехнічних та інструментальних матеріалів, способи управління ними для мінімізації зносу при роботі в різних умовах однофазних та композиційних матеріалів, засвоїти основи створення нових зносостійких матеріалів та технології їх виготовлення.*
- виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення*
- планувати та проводити дослідження в сфері матеріалознавства у лабораторних та виробничих умовах на відповідному рівні з використанням сучасних методів і методик експерименту*

¹В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану. Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

²Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

- застосовувати сучасні інформаційні технології для вирішення задач вибору та дизайну матеріалів;
- застосовувати нові сучасні методи розроблення технологічних процесів виготовлення виробів і об'єктів у сфері професійної діяльності з визначенням раціональних технологічних режимів роботи спеціального устаткування;
- аналізувати та прогнозувати фізико-механічні властивості порошкових композиційних та наноструктурованих матеріалів;
- оцінювати техніко-економічну ефективність, розробки, дослідження нових матеріалів і технології їх виготовлення та оброблення, проектування нестандартного устаткування, технологічних процесів, брати участь у створенні системи менеджменту якості на підприємстві.
- застосовувати спеціалізовані новітні методи аналізу та прогнозування ринку матеріалів, стратегічного планування розвитку індустрії
- проектувати та створювати порошкові композиційні та наноструктуровані матеріали на основі фундаментальних засад теорії та технології.

а також розвиток загальних компетентностей, які полягають у:

- здатності до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатності застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- здатності розробляти та управляти проектами;
- здатність працювати автономно;
- прагнення до збереження навколишнього середовища.

Предмет навчальної дисципліни “Надтверді матеріали та тверді сплави” – є оволодіння студентами знаннями про найбільш ши-роко використовувані порошкові зносостійкі матеріали, фундаментальні трибологічні прин-ципи, особливості контактування поверхонь однофазних та композиційних матеріалів, механі-зми зносу матеріалів різного складу і структури з метою подальшого самостійного пошуку нових технічних рішень в галузі створення і технологій виготовлення ефективних зносостій-ких матеріалів.

Після засвоєння навчальної дисципліни здобувач повинен продемонструвати такі результати навчання:

- виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі;
- застосовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач матеріалознавства;
- визначити характеристики стану поверхні контакту та фізико-механічні функціональні властивості зносостійких матеріалів;
- показувати наукові навички у галузі інженерії для того, щоб успішно проводити наукові дослідження як під керівництвом так і самостійно;
- використовувати сучасні методи для виявлення, постановки та розв'язування винахідницьких задач в галузі матеріалознавства;
- розробляти і застосовувати новітні методи і методики досліджень матеріалів та процесів в галузі матеріалознавства з урахуванням особливості проблем, що вирішуються;
- розробляти нові матеріали з використанням засобів автоматизації проектування та розрахунку рівня властивостей на основі сучасних систем й передового досвіду розроблення конкурентоспроможних матеріалів та виробів;
- оцінювати якісні та кількісні параметри технологічних процесів;
- використовувати інформацію щодо умов виготовлення та експлуатації виробів при розробці нового матеріалу та технології його оброблення, визначати та формулювати технічні вимоги до матеріалу виробів та можливості їх забезпечення, розробляти шляхи підвищення експлуатаційних властивостей вибраних матеріалів

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

Дисципліна викладається в третьому семестрі підготовки за другим (магістерським) рівнем вищої освіти. Дисципліна базується на компетентностях бакалаврського рівня спеціальності Матеріалознавство.

Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення навчальної дисципліни “Надтверді матеріали та тверді сплави”:

- фізичні властивості та методи дослідження матеріалів;*
- основи отримання порошкових та композиційних матеріалів;*
- технологія нанесення та властивості покриттів;*
- матеріалознавство тугоплавких та композиційних матеріалів;*
- інженерне матеріалознавство.*

Знання, що здобувач отримає під час вивчення дисципліни “Надтверді матеріали та тверді сплави” необхідні для виконання і підготовки до захисту магістерської дисертаційної роботи.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1 Загальні відомості про зношування деталей машин.

Тема 2 Зносостійкі триботехнічні матеріали.

Тема 2.1 Характер контактування поверхонь однофазних матеріалів.

Тема 2.2 Опір однофазних матеріалів пластичному деформуванню та крихкому руйнуванню

Тема 2.3 Опір однофазних матеріалів схвачуванню.

Тема 2.4 Контакткування шорстких поверхонь макрогетерофазних композитів.

Тема 2.5 Триботехнічні характеристики пар тертя із мікрогетерофазних композитів.

Тема 2.6 Опір мікрогетерофазних композитів пластичному деформуванню та крихкому руйнуванню.

Тема 2.7 Структура і властивості найбільш ефективних макро- і мікрогетерофазних триботехнічних композитів.

Тема 2.8 Основні види пар тертя зі зносостійких порошкових матеріалів.

Тема 3 Зносостійкі матеріали для лезової обробки

Тема 3.1 Основні поняття про лезову обробку матеріалів.

Тема 3.2 Спечені тверді сплави.

Тема 3.3 Надтверді матеріали.

Тема 3.4 Керамічні матеріали.

Тема 3.5 Покриття на матеріалах для лезової обробки.

Тема 3.6 Основні види лезових інструментів, оснащених зносостійкими матеріалами

Тема 4 Зносостійкі матеріали для роботи в умовах абразивного, газоабразивного та гідроабразивного зношування.

Тема 4.1 Основні поняття про роботу матеріалів в умовах абразивного зношування.

Тема 4.2 Механізми зношування при дії абразиву на поверхню матеріалу.

Тема 4.3 Загальна характеристика зносостійких матеріалів для роботи в умовах абразивної дії, їх склад та структура.

Тема 4.4 Основні вироби, що працюють в умовах абразивної дії, та сучасні зносостійкі матеріали для їх виготовлення.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Бондаренко В.П. Триботехнические композиты с высоко модульными наполнителями. – К.: Наук. думка, 1987. – 232 с.

2. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. – М.:Машиностроение, 1977. – 526 с.

3. *Инструменты из сверхтвердых материалов/Под. Ред. Н.В. Новикова. – М.: Машиностроение, 2005 – 555 с. (Б-ка инструментальщика).*

4. *Твердосплавные инструмента в процессах механической обработки/ Под ред. Н.В. Новикова и С.А. Клименко. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля, 2015. – 368 с.*

Додаткова література

1. <https://www.scopus.com/>
2. <https://scholar.google.com/>
3. <https://link.springer.com/>
4. <https://www.sciencedirect.com/>
5. <https://www.wiley.com/en-us>
6. <https://webofknowledge.com/>

Перераховані книги є у вільному доступі в мережі інтернет і можуть бути використані для отримання базових та поглиблених знань по надтвердим матеріалам та твердим сплавам. Електронні ресурси (<https://www.scopus.com/>; <https://scholar.google.com/>; <https://link.springer.com/>; <https://www.sciencedirect.com/>; <https://www.wiley.com/en-us>; <https://webofknowledge.com/>) рекомендуються для пошуку актуальної наукової інформації, яка стосується стану проблеми розробки нових надтвердих матеріалів та твердих сплавів.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни

Зміст лекційних занять

Лекція 1. Поняття зносу та зносостійкості. Одиниці вимірювання зносу. Види зносу.. Знос при зовнішньому терті. Залежність зносу від шляху тертя. Три стадії процесу зносу (приробка, режим нормального механо-хімічного зносу, катастрофічний знос). Література: [1]- [4].

Лекція 2. Механізм зносу при приробці. Механізм зносу на стадії нормального механо-хімічного зносу. Механізми зносу на стадії катастрофічного зносу. Вплив середовища (газ, вакуум, мастило, малов'язкі середовища) на стадії та механізми зносу (вторинні структури, тверді розчини, ефект Ребіндера. щільна корозія). Вплив параметрів тертя (контактного тиску, швидкості, зовнішньої температури, опромінення) на стадії та механізми зносу. Приклади використання пар тертя в сучасному машинобудуванні. Основні принципи конструювання пар тертя (співвідношення розмірів деталей пар тертя, властивостей матеріалів пар тертя (к. т. р., твердості, самозмащування, контактного взаємпереношування)). Література: [1]- [4].

Лекція 3. Характер контактування поверхонь однофазних матеріалів. Геометричні характеристики поверхні. Макровідхилення форми, хвилястість, шорсткість. Відносна опорна поверхня профілю. Номінальна, контурна, фактична площі контакту шорстких поверхонь. Середній розмір плями контакту. Контактні тиски. Моделі шорстких поверхонь (сферична, штирвова, конічна, еліпсоїдальна). Типи контактної взаємодії нерівності з поверхнею контртіла (пружна, пластична). Механізми зносу при різних типах контактної взаємодії нерівності з поверхнею контртіла (втома, пластичне відтіснення, мікрорізання, схвачування, крихке руйнування). Зближення шорстких поверхонь при пружному та пластичному типах контакт-ної взаємодії шорстких поверхонь. Залежність фактичної площі контакту (A_r) від відносного зближення шорстких поверхонь при пружному та пластичному типах контактної взаємодії шорстких поверхонь. Умова забезпечення пружного контактування шорстких поверхонь однофазних матеріалів. Література: [1]- [4].

Лекція 4. Опір однофазних матеріалів пластичному деформуванню та крихкому руйнуванню. Діаграми деформування крихких, пластичних та напівкрихких матеріалів. Міцність крихких моно- та полікристалічних матеріалів. Пластична деформація монокристалів пластичних матеріалів. Площини та напрямки з найменшим опором зсуву. Руйнування монокристалів пластичних матеріалів. Література: [1]- [4].

Лекція 5. Опір однофазних матеріалів схвачуванню. Механізм утворення підповерхневих тріщин. Вплив нагартування, утворення твердих розчинів та границь зерен на процес схвачування. Вплив шорсткості поверхні на процес схвачування. Вплив середовища на процес схвачування. Процеси схвачування крихких та напівкрихких матеріалів. Література: [1]- [4].

Лекція 6. Контакткування шорстких поверхонь макрогетерофазних композитів. Поняття макрогетерофазного композиту. Структура макрогетерофазних композитів. Композити з регулярним і стохастичним розташуванням структурних складових. Залежність двомірної структури композитів від розташування фаз по відношенню до січної площини. Література: [1]- [4].

Лекція 7. Триботехнічні характеристики пар тертя із мікрогетерофазних композитів. Поняття мікрогетерофазного композиту. Співвідношення розмірів структурних складових і плями контакту в парах із мікрогетерофазних композитів. Вплив вмісту наповнювача на типи контактів в парах із мікрогетерофазних композитів. Критичний тиск на пару з мікрогетерофазних композитів. Література: [1]- [4].

Лекція 8 Опір мікрогетерофазних композитів пластичному деформуванню та крихкому руйнуванню. Вплив некогерентних дисперсних частинок на границю текучості мікрогетерофазних композитів. Вплив когерентних частинок на границю текучості мікрогетерофазних композитів. SD-ефект в мікрогетерофазних композитах. Вплив дисперсних частинок на процеси крихкого руйнування мікрогетерофазних композитів. Література [1]- [4].

Лекція 9. Структура і властивості найбільш ефективних макро- і мікрогетерофазних триботехнічних композитів. Структура, фізико-механічні властивості і триботехнічні характеристики макрогетеро-фазних композитів. Література [1]- [4].

Лекція 10 Основні види пар тертя зі зносостійких порошкових матеріалів. Підшипники ковзання. Торцеві ущільнення. Підшипники кочення. Література [1]- [4].

Лекція 11 Основні поняття про лезову обробку матеріалів. Види лезової обробки матеріалів. Види стружки при лезовій обробці. Механізми зношування інструментальних матеріалів при різних видах лезової обробки. Загальна характеристика зносостійких матеріалів для лезової обробки. Література [1]- [4].

Лекція 12 Спечені тверді сплави. Історія створення та розвитку спечених твердих сплавів. Структура та фізико-механічні властивості сучасних марок твердих сплавів. Закономірності пластичного деформування та руйнування твердих сплавів. Адгезійна взаємодія твердих сплавів з оброблюваними матеріалами. Література [1]- [4].

Лекція 13 Закономірності зношування твердих сплавів при лезовій обробці матеріалів. Области застосування сучасних марок твердих сплавів при лезовій обробці матеріалів. Сучасні технології отримання високоякісних твердих сплавів для лезової обробки. Література [1]- [4].

Лекція 14 Надтверді матеріали. Алмазні монокристалічні, полікристалічні та композиційні матеріали для лезової обробки матеріалів. Монокристалічні, полікристалічні та композиційні матеріали на основі щільних фаз нітриду бору. Полікристалічні та композиційні матеріали на основі надтвердих тугоплавких сполук. Література [1]- [4].

Лекція 15 Керамічні матеріали. Оксидна кераміка. Оксидно-карбідна кераміка. Нітридна кераміка. Карбідно-нітридна кераміка. Література [1]- [4].

Лекція 16 Покриття на матеріалах для лезової обробки. Одношарові покриття. Багатошарові покриття. Література [1]- [4].

Лекція 17. Основні види лезових інструментів, оснащених зносостійкими матеріалами. Металообробні різці. Фрези. Свердла. Довб'яки. Спеціальні інструменти. Література [1]- [4].

Лекція 18 Основні поняття про роботу матеріалів в умовах абразивного зношування. Механізми зношування при дії абразиву на поверхню матеріалу. Загальна характеристика зносостійких матеріалів для роботи в умовах абразивної дії, їх склад та структура. Основні виробниці, що працюють в умовах абразивної дії, та сучасні зносостійкі матеріали для їх виготовлення. Література [1]- [4].

Основні завдання циклу практичних занять:

- знань, виявлення ступеня володіння теоретичним матеріалом при вирішенні практичних завдань, формування навиків творчого використання отриманих знань при розробці нових зносостійких матеріалів для різних пар тертя та інструментів.

Зміст практичних занять

1. Проблеми зношування деталей машин (2 години).
2. Зносостійкі триботехнічні матеріали (2 годин).
3. Зносостійкі матеріали для лезової обробки. Спечені тверді сплави. Надтверді матеріали. Керамічні матеріали. Покриття на матеріалах для лезової обробки. Основні види лезових інструментів. (10 годин).
4. Зносостійкі матеріали для роботи в умовах абразивного, газоабразивного та гідроабразивного зношування (2 години).
5. Модульна контрольна робота (2 години).

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота здобувачів (загальна тривалість 66 години) з дисципліни полягає в:

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для детального ознайомлення з сучасним станом проблеми дослідження та розробки нових надтвердих матеріалів та твердих сплавів – в розрахунку 1 години на 1 годину лекційного заняття = 36 години;
- підготовці до виконання практичних занять – в розрахунку 1 година на 1 годину виконання практичного заняття = 16 години;
- МКР – 8 годин;
- підготовці до підсумкової атестації – заліку (6 годин).

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. Під час практичних занять дозволяється застосування персональних комп'ютерів для пошуку інформації, використання власних хмарних ресурсів, тощо.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – переважно підготовка та подача реальних проектних пропозицій за тематикою власних наукових досліджень, курсового чи дипломного проектування. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Реферат за пропущену лекцію має бути виконаний і поданий на перевірку не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. 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)

Поточний контроль:

- Експрес-опитування на лекційних заняттях – максимум 1 бал, всього 18 балів.
- Тестування на практичних заняттях – максимум 2 балів, всього 32 балів.
- Модульна контрольна робота в вигляді захисту проекту проводиться 18-му навчальному тижні. Максимальна оцінка 10 балів.
- Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг не менше 50 балів за умови виконання усіх практичних робіт.

У випадку незгоди з семестровим рейтингом, здобувач має право здавати залікову контрольну роботу, проте при цьому його рейтинг анулюється.

Залікова контрольна робота проводиться у вигляді усного опитування і завдання включає 1 теоретичне питання зі списку Додатку А, на підготовку якого виділяється 1 академічна година.

Відповідь на питання оцінюється за 100-бальною шкалою, відповідно:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 15-10 балів, за неповну відповідь на 10-5 балів, за неправильне використання термінів на 5 балів.

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

8.1. Критерії нарахування балів.

Модульна контрольна робота.

Сумарна максимальна оцінка складає 10 балів, відповідно:

- 10 бали – повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- 7 бали – достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);
- 5 бал – неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- 0 балів – відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Практичні заняття.

Виконане завдання практичної роботи максимально оцінюється у 2 бали:

- повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове виконання);

- достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне виконання з незначними неточностями);
- неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (робота виконана з певними недоліками);
- відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Перелік питань залікової контрольної роботи знаходиться в Додатку А.
- Лекційний курс планується таким чином, щоб розглянути можливість створення нових надтвердих матеріалів та твердих сплавів з покращеними фізико-механічними властивостями застосовуючи сучасні підходи по вибору матеріалів, їх хімічного та фазового складу та технології отримання з них виробів. Практичні заняття виконуються у послідовності отримання навчального матеріалу на лекціях та наступного його закріплення на практичних заняттях

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент, к.т.н, старший дослідник, Солодкий Є.В.

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № __ від 22 червня 2021 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є.О. Патона³ (протокол № _ від __ _____ 2021 р.)

³Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.

Перелік питань залікової контрольної роботи

1. Що таке зношування? Одиниці вимірювання
2. Що таке зносостійкість? Одиниці вимірювання
3. Види тертя.
4. Види зношування.
5. Основні проблеми зношування деталей машин.
6. Зносостійкі триботехнічні матеріали. Класифікація.
7. Основні види пар тертя зі зносостійких порошкових матеріалів.
8. Основні поняття про лезову обробку матеріалів.
9. Види лезової обробки матеріалів.
10. Зносостійкі матеріали для лезової обробки.
11. Спечені тверді сплави. Класифікація.
12. Технологія отримання твердих сплавів.
13. Надтверді матеріали. Класифікація.
14. Надтверді матеріали. Властивості.
15. Керамічні матеріали. Класифікація та властивості.
16. Оксидна кераміка. Види та технологія отримання.
17. Оксидно-карбідна кераміка. Види та технологія отримання.
18. Нітридна кераміка. Види та технологія отримання.
19. Карбідно-нітридна кераміка. Види та технологія отримання.
20. Покриття на матеріалах для лезової обробки.
21. Одношарові покриття.
22. Багатошарові покриття.
23. Основні види лезових інструментів. Класифікація.
24. Зносостійкі матеріали для роботи в умовах абразивного, газоабразивного та гідроабразивного зношування.
25. Механізми зношування при дії абразиву на поверхню матеріалу.
26. Види абразивної дії.
27. Дія закріпленим абразивом.
28. Дія незакріпленим абразивом.
29. Дія шорсткою поверхнею забою бурової свердловини.
30. Корозійно-абразивна дія.