

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
для самостійної роботи студентів

з вивчення дисципліни
«Сучасні технології в машинобудуванні»

для студентів зі спеціальності
G9 «Прикладна механіка»
освітньої програми «Технології машинобудування»
усіх форм навчання

Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни «Сучасні технології в машинобудуванні» для студентів зі спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Пухальська Г.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025 – 25 с.

Укладач : Пухальська Г.В., к.т.н., доцент каф. ТМБ

Рецензент: Козлова О.Б., к.т.н., доцент каф. ТМБ

Відповідальний за
випуск Дядя С.І., к.т.н., доцент, зав. каф. ТМБ

Затверджено на засіданні кафедри
«Технологія машинобудування»
Протокол № 1 від 06.08.2025 р.

Рекомендовано до видання НМК МФ
Протокол № 1 від 26.08.2025 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ	5
1.1 Мета викладання дисципліни	5
1.2 Завдання вивчення дисципліни	5
1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни	5
2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ	7
3 КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ	19
4 Рекомендована література	22

ВСТУП

Дисципліна “Сучасні технології в машинобудуванні” є однією із пріоритетних дисциплін спеціальності G Інженерія, виробництво та будівництво - освітня програма «Технології машинобудування», що забезпечує якісну підготовку фахівця.

Термін, що передбачений робочим планом на аудиторні заняття з дисципліни, не дає можливості у необхідному обсязі викласти передбачений навчальний матеріал. Тому частина робочої програми дисципліни може не викладатися на аудиторних заняттях, що передбачає її самостійне вивчення. До того ж, і той матеріал, що викладається в аудиторії, теж повинен бути закріпленим шляхом самостійної роботи студента.

Вивчення дисципліни здійснюється згідно діючих навчальних планів в об’ємі 6 кредитів. Видом контролю з дисципліни є залік.

Мета цих методичних рекомендацій полягає в наступному:

- ознайомити студента з повним обсягом навчального матеріалу з дисципліни, який він повинен засвоїти, в тому числі і з тою частиною, яка повністю виноситься на самостійне вивчення;
- навести необхідну навчальну літературу по кожній тематиці дисципліни;
- надати методичні вказівки та контрольні питання для самоперевірки знань;
- ознайомити студентів з заходами контролю засвоєння навчального матеріалу в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

1.1 Мета викладання дисципліни

Мета викладання дисципліни “Сучасні технології в машинобудуванні” ознайомлення студентів з концепціями сучасних технологій: адитивні технології, нанотехнології, лазерна обробка та іншими високими технологіями, що використовуються в сучасному машинобудівному виробництві.

1.2 Завдання вивчення дисципліни

Загальним завданням курсу є підготовка висококваліфікованих фахівців, які добре володіють знаннями та уміннями, що дозволить їм застосовувати передові технології в умовах сучасного машинобудівного виробництва. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати загальні та фахові компетентності.

ЗК1. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми.

ЗК2. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ФК 1. Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог.

1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни

Для успішного вивчення цієї дисципліни студенти повинні отримати знання з наступних фундаментальних та загально-інженерних дисциплін:

- технологічні основи машинобудування;
- вища математика;
- фізичне матеріалознавство;
- різальний інструмент;
- металорізальні верстати.

2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

По кожній тематиці вказані години на лекційні заняття. Години на самостійну роботу студента при вивченні кожної теми надані у розділі 3.

2.1 Причини руйнувань та методи підвищення надійності деталей машин. Властивості поверхневого шару деталей машин - 2 години

Місце зміцнювальних методів у технологічному процесі, вплив властивостей поверхневого шару на опір втомі деталей енергетичних установок. Аналіз причин пошкоджень деталей в умовах експлуатації. Методи підвищення надійності деталей машин.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, що найбільш навантаженими і важкооброблюваними деталями є лопатки, вали, диски. В процесі роботи двигуна ці деталі піддаються впливу знакозмінних і відцентрових навантажень, додаткових навантажень від високочастотних вібрацій. На лопатках, що експлуатуються в несприятливих умовах, розвивається ерозія і утворюються механічні пошкодження у вигляді точкових забоїв і вм'ятин. В процесі експлуатації є випадки поломки лопаток при зіткненні зі сторонніми предметами (птиці, град та ін.). За допомогою широко застосовуваних методів остаточної обробки (шліфування; хонінгування і доведення) створюється необхідна форма деталей із заданою точністю, але часто не забезпечується оптимальна якість поверхневого шару. Вона досягається поверхневим пластичним деформуванням (ППД), при якому стружка не утворюється, а відбувається тонке пластичне деформування поверхневого шару. В результаті зміцнюється поверхневий шар, підвищується зносостійкість, стійкість до корозійних впливів і т.д. У багатьох випадках застосування ППД вдається підвищити запаси міцності деталей, що працюють при змінних навантаженнях, в 1,5-3 рази і збільшити термін служби деталей в десятки разів.

Література – [1-3].

Питання для самоперевірки

1. Яке значення має місце зміцнювальних методів у технологічному процесі?
2. Який вплив справляють методи ППД на властивості поверхневого шару ?
3. Який вплив справляють методи ППД на опір втомі деталей енергетичних установок?
4. З чого починається зародження втомної тріщини?
5. Від чого залежать експлуатаційні властивості поверхневого шару?
6. Класифікація методів підвищення надійності деталей машин?
7. Класифікація оздоблювально-зміцнювальних методів обробки поверхневого шару?

2.2 Технологічні характеристики методів зміцнюючої обробки деталей машин. Наклеп та його характеристики. Залишкові напруження та методи їх визначення - 6 годин

Визначення наклепу, перенаклеп. Характеристики наклепу. Методи визначення глибини наклепу. Суть процесів алмазного вигладжування деталей машин та зміцнення кульками в магнітному полі, вибір оптимальних режимів. Методи дослідження залишкових напружень: суть, переваги, недоліки та область застосування.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, що оздоблювальні методи обробки призначені для поліпшення шорсткості поверхні (зменшення висоти мікронерівностей, отримання мікрорельєфу з великою площею контакту і великими радіусами дна западин - знижує концентрацію напружень). Якщо деталі працюють при оточуючих температурах і знакозмінних навантаженнях, то наклеп підвищує опір втомі за рахунок збільшення межі міцності і межі текучості деформованого металу. При температурах вище 600° С наклеп сприяє охрупчуванню поверхні металу, що знижує опір втомі. При завищених силових параметрах обробки може відбуватися перенаклеп, в результаті якого в поверхневому шарі з'являються небезпечні мікротріщини, намічається утворення частинок

відшаровуваного металу. Перенаклеп - незворотний процес, при якому нагрів не відновлює вихідну структуру металу і його механічні властивості. Характеристики наклепу - ступінь і глибина наклепаного шару.

Алмазне вигладжування полягає в пластичній деформації оброблюваної поверхні ковзаючим по ній інструментом – вигладжувателем. Інструмент деформує метал, утворюючи канавку на поверхні. Залишкові напруги можна визначити механічним методом, розроблений акад. М.М. Давіденковим (з використанням формул Біргера) і рентгеноструктурним методом.

Література – [1-3, 14-16].

Питання для самоперевірки

1. Технологічні характеристики оздоблювальних методів обробки деталей: суперфініш, хонінгування, притирання?
2. Технологічні характеристики оздоблювальних методів обробки деталей: електроферомагнітне полірування, електролітичне полірування, віброполірування, пневмоімпульсна обробка?
3. Визначення наклепу?
4. Поняття перенаклепу?
5. Характеристики наклепу: ступінь та глибина?
6. Мікротвердість поверхневого шару: поняття та метод вимірювання?
7. Методи визначення глибини наклепу: суть, переваги та недоліки, область використання?
8. Рентгеноструктурний метод визначення глибини наклепу?
9. Механічний метод.: суть, переваги та недоліки, область використання?
10. Рентгеноструктурний метод дослідження залишкових напружень: переваги, недоліки, галузь застосування?

2.3 Історичні передумови появи адитивних технологій, класифікація, матеріали – 4 години

Історія виникнення та суть адитивних технологій. Класифікація технологій 3D-друку. FDM (Fused Deposition Modeling) - моделювання методом пошарового наплавлення; SLA (Stereolithography Apparatus) – стеріолітографія; SLM (Selective Laser Melting) - вибіркоче лазерне

плавлення; DMLS (Direct Metal Laser Sintering) – метод прямого лазерного спікання. Суть, недоліки, переваги і область застосування основних методів 3D-друку.

Витратні матеріали, які використовуються для 3D-друку. ABS-пластик, coPET, PLA-пластик, PC, PET, нейлон: особливості, переваги, недоліки та область застосування.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, що 3D-друк радикально відрізняється від традиційного метода виробництва, коли матеріал видаляється з заготовки. Метод на основі 3D-друку дозволяє пошарово створювати деталь без заготовки, маючи тільки наявності 3D-модель одержуваної деталі. Організація ASTM, що займається розробкою галузевих стандартів, розділяє 3D-адитивні технології на 7 категорій: витискання матеріалу, розбризкування матеріалу, розбризкування сполучного, з'єднання листових матеріалів, фотополімеризація у ванні, плавка матеріалу в заздалегідь сформованому шарі, пряме підведення енергії в місце побудови.

ABS-пластик, акрилонітрілбутадієнстірол. Це найпопулярніший і один з кращих витратних матеріалів для 3D-друку. ABS не має запаху, не токсичний, ударостійкий і еластичний. Температура плавлення становить від 220⁰C до 240⁰C. coPET - більш жорсткий у порівнянні з ABS пластиком. Прозорий в натуральному кольорі, згинається в холодному стані без побіління в місці згину. Володіє високою прозорістю і рівномірним світлорозсіюванням. PLA-пластик виготовляється із залишків біомаси, силосу цукрових буряків або кукурудзи. Практично повна відсутність усадки у цього пластика сприяє правильному друку моделі, а також забезпечує високу роздільну здатність друку, що дозволяє створювати моделі геометрично складніші, ніж при використанні ABS. PET - прозорий матеріал для 3D-друку, має високу механічну міцність і ударну стійкість. Стійкий до стирання і багаторазовим деформаціям при розтягуванні і згині, можливе гартування.

Література - [4-9, 17].

Питання для самоперевірки

1. Що таке адитивні технології?
2. Коли з'явилися перші технології 3D-друку?
3. Особливості технології FDM друку?
4. Переваги та недоліки SLA друку?
5. Назвіть основні пластики, які використовуються для 3D-друку?
6. Назвіть основні властивості та температури експлуатації ABS-пластика?
7. Назвіть властивості coPET пластика?
8. Назвіть недоліки PLA-пластика?
9. PC та PET назвіть області застосування?
10. Особливості використання нейлону?

2.4 Пост-процеси адитивних технологій. Якість виробів адитивного виробництва – 4 години

Аналіз методів пост-обробки: хімічна обробка, шліфування, шпаклювання, ґрунтовка та фарбування, піскоструйна обробка, гальтування. Методи пост-обробки для різних технологій 3D-друку. Технологічний процес інфільтрації та його використання в селективному лазерному спіканні. Термомеханічна обробка гарячим ізостатичним пресуванням. Пост-процес абразивно-екструзійної обробки. Формування функціонально-захисних покриттів на поверхні виробів адитивного виробництва. Геометрична точність виробів адитивного виробництва. Методи контролю якості виробів адитивного виробництва.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, що на сьогоднішній час технологія 3D-друку не завжди дозволяє нам отримати виріб готовий до використання відразу після друку. Після 3D-друку (зокрема FDM методом) досить часто стає проблема додаткової обробки деталі для поліпшення якості поверхні, а також зменшення відхилень розмірів від 3D-моделі. Після одних потрібно більше часу на пост-обробку, а після інших менше, пост-обробка – це невід'ємний етап виготовлення виробу методом адитивного виробництва. Також при побудові деталей досить часто використовуються підтримуючі структури, які після друку потрібно

видалити, і цей процес також негативним чином віддзеркалюється на якості поверхні. В більшості випадків для пост-обробки використовується ручна механічна обробка, піскоструминна обробка, хімічна обробка. Дані методи використовують багато ручної праці або не дозволяють точно витримати розміри. Фрезерування після друку може бути особливо корисним для створення прототипів, функціональних моделей або деталей, які вимагають більш високої точності та якості поверхні, ніж може надати сам процес друку.

Література – [8, 10, 11, 13, 17]

Питання для самоперевірки

1. Охарактеризуйте основні методи пост-обробки?
2. Назвіть переваги фрезерування після 3D-друку?
3. Грунтовка та фарбування?
4. Піскоструйна обробка?
5. Гаряче ізостатичне пресування: переваги?
6. Технологічний процес інфільтрації та його використання?
7. Назвіть методи контролю якості виробів?

2.5 Лазерна техніка - 2 години

Класифікація лазерів. Основні типи твердотільних лазерів та їх характеристика. Діодні, волоконні, газові, рідинні лазери. Перспективні напрямки розвитку лазерної техніки. Технологічні лазери. Лазерні технологічні комплекси.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, що на характер фізичних процесів, що відбуваються при взаємодії лазерного випромінювання з речовиною. Технологічні процеси лазерної обробки матеріалів: лазерне різання та зварювання. Технологія термічного різання. Принцип концентрації лазерного променя на поверхні оброблюваної деталі. Переваги та застосування лазерного різання. Принцип роботи та схема головки для лазерного різання. Зварювання плавленням. Принцип роботи рубінового лазера. Використання твердотільних та газових лазерів.

Література – [10, 11, 13].

Питання для самоперевірки

- 1 Дати характеристику фізичних процесів при взаємодії лазерного випромінювання з речовиною?
2. Що таке лазерне різання?
3. Діапазон довжини хвиль при лазерному різанні?
4. Принципи лазерного різання?
5. Область застосування лазерного різання?
6. Переваги лазерного різання?
7. Назвіть основні елементи головки для лазерного різання?
8. В чому суть лазерного зварювання?
9. Назвати основні елементи рубінового лазера?

2.6 Лазерні технології у машинобудуванні - 4 години

Технологічні процеси лазерної обробки матеріалів: лазерне зварювання; лазерне свердління; лазерна поверхнева обробка; лазерне маркування. Технологія, способи, технологічні параметри, переваги та недоліки лазерного різання. Види обладнання для лазерного різання, класифікація лазерів. Визначення лазерного маркування. Принцип дії, переваги та технології в лазерному маркуванні. Суть лазерного маркування. Типи лазерів, які використовують для лазерного маркування. Лазерне гравіювання, матеріали для лазерного гравіювання.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, що на відміну від відомих процесів і методів термозміцнення гартуванням, нагрівання при лазерній термообробці є не об'ємним, а поверхневим. Ефект зміцнення при лазерному впливі на металеві матеріали спостерігається внаслідок надвисоких швидкостей нагрівання і наступного охолодження матеріалу. Структурні і фазові перетворення супроводжуються утворенням специфічної ультрадисперсної однорідної структури з унікальними властивостями. Покращення багатьох експлуатаційних показників опромінених матеріалів - зносостійкості, теплостійкості, механічних характеристик, сприятливий розподіл залишкових напружень у поверхневому шарі матеріалів. Застосування лазерного зміцнення - інструментальне

виробництво, зміцнення робочих поверхонь деталей машин і приладів, у тому числі великогабаритних деталей хімічного та енергетичного машинобудування. Переваги, недоліки та область застосування лазерного свердління

Література – [10, 11, 13].

Питання для самоперевірки

1. Розкрийте суть лазерного свердління?
2. Розміри отворів, які можливо отримати лазерним свердлінням?
3. Назвіть переваги та недоліки лазерного свердління?
4. Область використання лазерного свердління?
5. Розкрийте суть зміцнювальної лазерної поверхневої обробки?
6. Розкрийте механізм зміцнення при лазерному гартуванні?
7. Яка структура утворюється при лазерному гартуванні?
8. Як змінюються експлуатаційні показники опромінених матеріалів?
9. Поясніть суть лазерного маркування?
10. Назвіть матеріали для лазерного гравіювання?
11. Назвіть переваги лазерного маркування над іншими методами маркування?
12. Дайте характеристику якості та швидкості маркування?
13. Варіанти маркування?
14. Чим відрізняється лазерне маркування від механічного гравіювання?

2.7 Введення у нанотехнології - 2 години

Основні поняття та визначення. Суть «нано». Нанокристалічні матеріали, фулерени, нанотрубки, нановолокна, нанопорошки, наноструктурні покриття, нанокompозити. Структура та зміна властивостей наноматеріалів в порівнянні з традиційними. Методи діагностики нанооб'єктів: електронна мікроскопія, сканувальна зондова мікроскопія, спектральні методи дослідження.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, що нанонаука має свою специфічну систему термінів. Нано та наномасштаб. Об'ємні та консолідовані наноматеріали. Квантові точки, дріт, ями. Наношарові та нанокристалічні покриття. Нанонаука, наносистема, нанооб'єкт. Унікальні властивості наночасток і наноматеріалів. Критичний розмір елементу структури, при якому спостерігається "аномалія" властивостей.

Література – [12].

Питання для самоперевірки

1. Що таке «нано»?
2. Дайте визначення «нанотехнології»?
3. Дайте визначення «нанокластери» та «фулерени»?
4. Що таке нанотрубки та нановолокна?
5. Що таке нанокристалічні та наношарові покриття?
6. Дайте визначення «нанокомпозити»?

2.8 Нанотехнології в машинобудуванні - 4 години

Нанопорошки: особливості структури, методи отримання. Вуглецеві наноструктури: структура, властивості фулеренів, основні методи отримання. Вуглецеві нанотрубки. Об'ємні наноматеріали.

Основні фізичні причини специфіки наноматеріалів: фізичні властивості; хімічні властивості; механічні властивості. Класифікація наноматеріалів. Основні області застосування наноматеріалів і нанотехнологій: наноструктурні конструкційні матеріали; наноккомпозити; інструментальні наноматеріали; наноструктурні покриття; наноструктурна кераміка.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, що якщо розмір часток менше визначеної для кожної властивості характеристичної довжини, можлива поява нових фізичних властивостей. В порівнянні із звичайними матеріалами в наноматеріалах змінюються такі фундаментальні характеристики, як модуль пружності, питома теплоємність, температура плавлення, коефіцієнт дифузії, магнітні і електричні властивості. Наноструктури на основі вуглецю

демонструють широкий діапазон електричних властивостей - від діелектричних до надпровідності: один і той же матеріал (вуглецеві нанотрубки) при різній дії, наприклад, легуванні або зміні геометрії може бути діелектриком, провідником, надпровідником. Висока питома поверхня наноматеріалів збільшує їхню здатність до адсорбції, капілярні властивості. Для багатьох наноструктурних матеріалів (покриттів, об'ємних матеріалів) характерна підвищена стійкість до окиснення. Унікальною особливістю наноматеріалів є те, що властива їм висока міцність доповнюється і високою пластичністю або навіть надпластичністю, тобто досягається оптимальне поєднання властивостей міцність-пластичність. Нанокристалічні матеріали мають високі демпфуючі властивості, що важливо для зменшення шкідливих дій циклічних навантажень, яким піддаються різні конструкції, для зменшення шумів, пов'язаних з вібрацією механізмів, підвищення точності вимірів тощо.

Література – [12].

Питання для самоперевірки

1. Як змінюються фізичні властивості при переході до нанорозмірного стану?
2. Як змінюється електропровідність при переході до нанометрового розміру?
3. Магнітні властивості наноматеріалів?
4. Сорбційні характеристики нанотрубок?
5. Дайте характеристику механічних властивостей вуглецевих нанотрубок?
6. Дайте характеристику нанокристалічних покриттів?
7. Експлуатаційні властивості наноматеріалів?
8. Використання ефекту надпластичності в наноматеріалах?
9. Властивості та використання наноструктурної кераміки?
10. Область застосування магнітних властивостей наноструктур?

2.9 Гідроабразивне різання - 2 години

Принцип дії методу. Фізична суть процесу, переваги, недоліки, область застосування. Гідроабразивне різання осьових моноколес газотурбінних двигунів.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на те, що гідроабразивне різання - вид обробки матеріалів різанням, де в якості ріжучого інструменту замість різця використовується струмінь води або суміші води і абразивного матеріалу, що випускається з високою швидкістю і під високим тиском. В основі технології гідроабразивного різання лежить принцип ерозійного впливу суміші високошвидкісний водяного струменя і твердих абразивних частинок на оброблюваний матеріал. Фізична суть механізму гідроабразивного різання складається у відриві і відносі з порожнини різі частинок матеріалу швидкісним потоком твердофазних частинок. Стійкість закінчення та ефективність впливу двофазного струменя (вода і абразив) забезпечуються оптимальним вибором цілого ряду параметрів різання, включаючи тиск і витрату води, а також витрати і розміру частинок абразивного матеріалу.

Література – [18-20].

Методичні вказівки

1. Суть процесу гідроабразивного різання?
2. Назвіть переваги та недоліки процесу?
3. Обладнання для гідроабразивного різання моноколес?

2.10 Перелік лабораторних занять та їх тривалість

2.10.1 Лабораторна робота № 1 – 6 годин.

«Формування якості поверхні при зміцненні сталевими кульками у силовому ультразвуковому полі».

2.10.2 Лабораторна робота №2 – 6 годин.

«Дослідження лопаток компресора, виготовлених із титанових сплавів, що мають пошкодження пера в експлуатації».

2.10.3 Лабораторна робота №3 – 4 години.

«Дослідження якості поверхні та точності розмірів після FDM друку».

2.10.4 Лабораторна робота №4 – 4 години.

«Пост-обробка деталей методом фрезерування на верстаті з ЧПК після FDM-друку».

2.10.5 Лабораторна робота №5 – 4 години.

«Ознайомлення з основними можливостями лазерного гравіювального верстата NEJE Master 2S».

2.10.6 Лабораторна робота №6 – 6 годин.

«Дослідження дисипативних властивостей та характеристик поверхневого шару наноструктурних покриттів пера лопаток компресора».

Методичні вказівки

При підготовці до проведення лабораторних робіт слід користуватись інструкціями [29-35], а також звернутись до відповідних розділів робочої програми.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ

На підставі робочої програми дисципліни та вимог кредитно-модульної системи організації навчального процесу кафедра розробляє контрольні заходи з перевірки якості засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни.

Контрольні заходи з дисципліни “Сучасні технології в машинобудуванні” передбачають наступні кваліфікаційні завдання:

- опитування за окремими темами лекційного курсу;
- виконання та захист звітів лабораторних робіт;
- складання заліку в кінці семестру.

Склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів, на які підрозділяється робоча програма дисципліни, надані у табл. 3.1.

Для закріплення поточних знань на протязі семестру, до проведення підсумкового модульного контролю, проводяться контрольні заходи (письмове опитування студентів за матеріалами лекцій, що були прочитані), на підставі яких студент отримує загальну оцінку. Слід зазначити, що всі заплановані заходи повинні бути складені позитивно. Негативна оцінка з будь якого контрольного заходу свідчить про незасвоєння студентом навчального матеріалу.

Студент, який отримав на модульному контролі незадовільну оцінку або не з'явився на нього, має можливість повторного складання протягом одного-двох тижнів.

Таблиця 3.1 - Склад, обсяг і термін виконання змістового модулю з дисципліни “Сучасні технології в машинобудуванні”

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	усього	у тому числі				
		лк	пр	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
МОДУЛЬ 1. Зміцнюючі та адитивні технології у машинобудуванні.						
Змістовий модуль 1.						
<i>Тема 1. Причини руйнувань та методи підвищення надійності деталей машин. Властивості поверхневого шару деталей машин.</i>	18	2		6		10
<i>Тема 2. Технологічні характеристики методів зміцнюючої обробки деталей машин. Наклеп та його характеристики. Залишкові напруження та методи їх визначення.</i>	22	6		6		10
<i>Тема 3 Історичні передумови появи адитивних</i>	28	4		4		20

<i>технологій, класифікація, матеріали.</i>						
<i>Тема 4. Пост- процеси адитивних технологій. Якість виробів адитивного виробництва.</i>	28	4		4		20
Разом за змістовим модулем 1	96	16		20		60
МОДУЛЬ 2. Сучасні технології в машинобудуванні.						
Змістовий модуль 2.						
<i>Тема 5. Лазерна техніка.</i>	12	2				10
<i>Тема 6. Лазерні технології у машинобудуванні.</i>	23	4		4		15
<i>Тема 7. Введення у нанотехнології.</i>	12	2				10
<i>Тема 8. Нанотехнології в машинобудуванні.</i>	25	4		6		15
<i>Тема 9. Гідроабразивне різання.</i>	12	2				10
Разом за змістовим модулем 2	84	14		10		60
Усього годин	180	30		30		120

4 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається частковий перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні дисципліни “Сучасні технології в машинобудуванні”. Слід мати на увазі, що джерела, які можуть бути використані, не обмежуються тільки цим переліком.

1. Методи поверхневого зміцнення у процесі виготовлення деталей машин: навч. посіб. / А.Г.Фесенко та [ін.] – Д.: РВВ ДНУ, 2015. – 104 с.

2. Погребна Н.Е., Куцова В.З., Котова Т.В. Способи зміцнення металів: Навчальний посібник.- Дніпро: НМетАУ, 2021,-89 с.

3. Інтегровані технології обробки матеріалів [Текст]: підручник / Е.С. Геворкян, Л.А. Тимофеева, В.П. Нерубацький та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2016 – 238 с.

4. Андрощук Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку (I частина). Наука, технології, інновації. 2017. № 1. С. 68-77.

5. Андрощук Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку (II частина) Наука, технології, інновації. 2017. № 2 (2). С. 29-36.

6. Андрощук Г. О., Копил Я. В. 3D-друк в епоху інноваційних технологій: проблеми регулювання. Інтелектуальна власність в Україні. 2016. № 5. С. 17-26.

7. Масючок О.П., Юрженко М.В., Колісник Р.В., Кораб М.Г. Адитивні технології полімерних матеріалів. Автоматичне зварювання. 2020. №5. С.53-60. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2020.05.08>.

8. Komisarov O. FDM 3D-printing // G. Pukhalska / Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма X Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 18–21 квітня 2023 р.) – Суми: Сумський державний університет, 2023. –с. 57-59.

9. Комісаров О.О. Матеріали для FDM-друку в Україні [Електронний ресурс] // О.О. Комісаров, Г.В. Пухальська / Тиждень науки-2023. Машинобудівний факультет. Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 24-28 квітня 2023 р., НУЗП. – Запоріжжя, 2023. – С. 43-45 - 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM).- Електронне видання комбінованого використання на DVD-ROM.

10. Лазерна поверхнева обробка матеріалів / Афанасьєва О.В., Лалазарова Н.О., Федоренко Є.П. Харків : ФОП Панов А.М., 2020. 100 с.

11. Лазерні технології у машинобудуванні: навч. посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної, заочної та дистанційної форм навчання / Л. І. Пупань. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. – 109 с.

12. Мікроскопія в нанотехнологіях [Текст]: / В.С. Антонюк, Г.С. Тимчик, О.В. Верцанова [та ін.] //– К. : НТТУ «КПІ», 2014. – 258 с. : іл.– 157. Бібліогр. :С.245-258.

13. Chryssolouris G. Laser Machining: Theory and Practice (Mechanical Engineering Series) / G. Chryssolouris . – Springer-Verlag, Berlin Heidelberg GmbH, 2013.

14. Пухальська Г.В. Дослідження технологічних можливостей методу обробки кульками в магнітному полі пера лопаток, що мають експлуатаційні ушкодження / Г.В. Пухальська, С.О. Субботін, С.Д. Леошенко, Д.О. Безхлібний // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні -2023. -№1.-С. 18-28.

15. Subbotin S.A. Neuromodeling of operational processes / [S.A. Subbotin, H.V. Pukhalska, S.D. Leoshchenko, A.O. Oliinyk, Ye. O. Gofman] // Radio electronics, computer science, control. – 2022. – № 1. – P. 120-129. DOI: 10.15588/1607-3274-2022-1-13.

16. Leoshchenko S. Neural network diagnostics of aircraft parts based on the results of operational processes / [S. Leoshchenko, H. Pukhalska, S. Subbotin, A. Oliinyk, Ye. Gofman] // Radio electronics, computer science, control. – 2022. – № 2. – P. 69-79. DOI: 10.15588/1607-3274-2022-2-7.

17. Комісаров О.О. Пост-обробка деталей методом фрезерування на верстаті з ЧПК після 3D друку методом наплавлення / О.О. Комісаров, Г.В. Пухальська, С.І. Дядя // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні -2024. -№1.-С. 31-41.

18. Грицай І.Є. Теорія різання. Лезове та абразивне оброблення металів, Львів, 2018.

19. Геворкян Е.С., Тимофеева Л.А., Нерубацький В.П. Інтегровані технології обробки матеріалів, Харків, 2016.

20. Дегтярьов І. М., Нешта А. О., Колесник В. О. Прогресивні технології виготовлення деталей насосного обладнання, Суми, 2021.

21. https://uk.wikipedia.org/wiki/Аддитивні_технології.

22. <https://newfolk.com.ua/ua/novyny/> зворотній-інжиніринг-і-адитивне-виробництво.-світовий-тренд-імпортозаміщення-та-локалізації-для-забезпечення-сталого-розвитку.

23. <https://3dprint.infomir.eu/uk/aditivne-virobnicztvo>.
24. <http://poradu.pp.ua/tehnka-tehnologyi/35539-aditivna-tehnologiya-opis-viznachennya-osoblivost-zastosuvannya-ta-vguki-aditivn-tehnologyi-v-promislovost.html>
25. Електронний ресурс: <https://monofilament.com.ua/ua/products/>
26. Електронний ресурс: <https://shop.plexiwire.com.ua/abs-plus-filament/>
27. <https://www.larsen.ua/ua/info/blog/tekhnologii/nuzhen-li-na-sovremennom-proizvodstve-lazernyy-standok/>.
28. Технологія гідроабразивного різання [Електронний ресурс] – Про технологію гідроабразивного різання матеріалів – <https://www.roden.ua/waterjet-cutting-technology.html>
29. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни “Сучасні технології в машинобудуванні” для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. доц. Пухальська Г.В., – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025 – 58 с.
30. Методичні рекомендації до лабораторної роботи "Формування якості поверхні при зміцненні сталевими кульками у силовому ультразвуковому полі" для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Пухальська Г.В., – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025 – 34 с.
31. Методичні рекомендації до лабораторної роботи "Дослідження лопаток компресора, виготовлених із титанових сплавів, що мають пошкодження пера в експлуатації" для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Пухальська Г.В., – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025 – 16 с.
32. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи «Дослідження якості поверхні та точності розмірів після FDM-друку» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. ст. викл. Тумарченко Л.О., доц. Пухальська Г.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025 – 15 с.
33. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи «Пост-обробка деталей методом фрезерування на верстаті з

ЧПК після FDM–друку» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / доц. Пухальська Г.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025 – 21 с.

34. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи «Дослідження дисипативних властивостей та характеристик поверхневого шару наноструктурних покриттів пера лопаток компресора» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. доц. Пухальська Г.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025 – 14 с.

35. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи «Ознайомлення з основними можливостями лазерного гравіювального верстата NEJE Master 2S» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. доц. Пухальська Г.В., лаб. Балюта Р.М – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025 – 10 с.