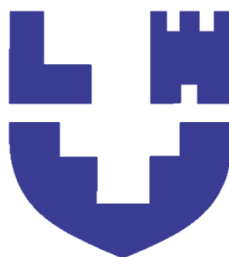


Міністерство освіти і науки України



**ДІАГНОСТИКА І ДЕФЕКТОСКОПІЯ МАТЕРІАЛІВ ТА
ВИРОБІВ**

Конспект лекцій

**для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітньо-професійних програм "Матеріалознавство"**

"Індустріальний інжиніринг"

галузі знань G "Інженерія, виробництво та будівництво"

спеціальності G8 "Матеріалознавство"

денної та заочної форм навчання

ЛУЦЬК 2026

УДК 621.783(07)

Д35

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки _____ Н.П. Поліщук

Рекомендовано до видання вченою радою факультету митної справи, матеріалів

та технологій ЛНТУ, протокол № ___ від « ___ » _____ 2026 року.

Голова вченої ради факультету ММТ _____ В.В. Ткачук

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри матеріалознавства ЛНТУ, протокол № 7 від «13» січня 2026 року.

Завідувач кафедри матеріалознавства ЛНТУ _____ Н.Ю. Імбірович

Укладачі: _____ Н.Ю. Імбірович, доктор технічних наук, професор кафедри матеріалознавства ЛНТУ.

_____ Н.Ю. Імбірович, доктор технічних наук, професор кафедри матеріалознавства ЛНТУ.

Відповідальний

за випуск: _____ Н.Ю. Імбірович, ,
завідувач кафедри матеріалознавства ЛНТУ.

Рецензент: _____ В.П. Кашицький, кандидат технічних наук,
професор кафедри матеріалознавства ЛНТУ.

Відповідальний за випуск: _____ Н. Ю. Імбірович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри матеріалознавства ЛНТУ.

Діагностика і дефектоскопія матеріалів та виробів: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійних програм «Матеріалознавство», «Індустріальний інжиніринг» спеціальності G8 Матеріалознавство галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво денної та заочної форм навчання / уклад. Н.Ю. Імбірович – Луцьк: ЛНТУ, 2026. – 38 с.

Конспект лекцій складений відповідно до діючої програми курсу «Діагностика і дефектоскопія матеріалів та виробів». Призначене для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності G8 Матеріалознавство денної та заочної форм навчання. Містить теоретичний матеріал відповідно до тем передбачених робочою програмою, вимоги до знань та вмінь студентів, питання для перевірки знань, додаткові самостійні завдання та перелік рекомендованої літератури.

© Н. Імбірович, 2026

ВСТУП

Сучасний стан матеріалознавства вимагає використання класичних і розробки нових методів дослідження властивостей матеріалів, дефектоскопії їх структур, що робить ймовірним прогнозування характеристик виробів, відкриває додаткові можливості щодо керування процесом виготовлення та формування кінцевого продукту з потрібними якісними показниками.

В недалекому минулому якість матеріалів і деталей машин встановлювалася за допомогою аналізу проб одиничних зразків, що були відібрані із великої партії, а інколи шляхом повного їх руйнування. Такі методи контролю якості матеріалів у жодному випадку не можуть задовольняти сучасне машинобудування. Наприклад, особливо жорсткі вимоги до конструкційних матеріалів ставляться при конструюванні енергетичних установок із надвисокими параметрами – тиском і температурою. Відбракування матеріалів, призначених для цих установок, не можна проводити вибірково, необхідна повна і стопроцентна перевірка всіх матеріалів.

Сучасні світові та вітчизняні досягнення в галузі конструювання приладів для неруйнівного контролю (НК) дозволяють ефективно досліджувати будь-які технічні об'єкти й матеріали. Створена нова технічна прикладна наука – дефектоскопія матеріалів.

До найбільш досконалих і активно використовуваних методів НК належать: магнітний, електромагнітний, індукційний, ультразвуковий методи, а також метод просвічування рентгенівськими і гама-променями. Також на сьогодні розроблені новітні методи НК, зокрема для контролю композитних матеріалів – метод акустичної емісії, лазерна голографія та ін.

Потрібно зазначити, що жоден із представлених методів не є універсальним, кожен має свої переваги та недоліки, свою сферу застосування, межу граничної чутливості і точності у виявленні дефектів.

Мета викладання дисципліни – отримати знання про якість промислової продукції та критерії її оцінки, розкрити важливість та шляхи виготовлення високоякісної продукції, пояснити завдання технічної діагностики, а також методи діагностування та контролю матеріалів і виробів.

Завдання вивчення дисципліни:

- розкрити поняття “якість промислової продукції” та основних критеріїв її оцінки;
- дати студентам необхідні знання для аналізу організаційно-методичних питань забезпечення надійності машинобудівної продукції;
- навчити студентів формувати первинні навички контролю якості продукції на виробництві;
- ознайомити студентів з базовими методами руйнівного та неруйнівного контролю якості продукції.

1. КОРОТКИЙ ОПИС ОСНОВНИХ ТЕМ КУРСУ

Тема 1. Покращення якості і надійності продукції – магістральний напрямок соціально-економічного розвитку.

1.1. Якість продукції і її особливості.

Якість продукції – це сукупність властивостей продукції. Які зумовлюють її здатність задовольняти та передбачені потреби згідно з її призначенням (ДСТУ 3230-95).

Тобто не всі властивості виробу входять до поняття якості, а лише ті, які визначаються проблемами суспільства згідно з призначенням цього виробу.

Галузь практичної та наукової діяльності, яка розробляє теоретичні основи та методи кількісної оцінки якості продукції, називають *кваліметрією*.

Основні задачі кваліметрії:

- визначення номенклатури необхідних показників якості виробів та їхніх оптимальних величин;
- розробка методів кількісної оцінки якості;
- створення методик обліку змін якості в часі тощо.

При розгляді промислової продукції виділяють ряд її особливостей:

- відповідність критеріям якості;
- сертифікованість;
- конкурентність;
- уніфікованість;
- економічність;
- відповідність критеріям екобезпеки;
- придатність до переробки або утилізації.

1.2. Показники якості промислової продукції.

Згідно з ДСТУ 2925-94 встановлено оцінювання показників якості будь-яких видів продукції:

– показники призначення, які характеризують властивості продукції, визначають функції, для виконання яких вона призначена, зумовлюють галузь її використання;

– показники надійності, які відображають властивість технічних систем зберігати сукупність властивостей, що визначають їх якість у межах, встановлених показниками якості протягом встановленого періоду експлуатації;

– показники технологічності, які характеризують ефективність конструкторсько-технологічних рішень для забезпечення високої продуктивності праці при виготовленні та ремонті продукції;

- ергономічні показники, які характеризують науково продуману організацію праці, естетику промислової діяльності;
- показники стандартизації та уніфікації, які характеризують степінь використання в продукції стандартизованих виробів та рівень уніфікації складових частин виробів;
- патентно-правові показники, які характеризують степінь патентного захисту виробу в Україні та за її межами, а також його патентну чистоту;
- економічні показники. Які відображають витрати на розробку, виготовлення та експлуатацію чи використання продукції, а також економічну ефективність експлуатації;
- показники безпеки.

Для машинобудування та приладобудування найбільш ефективними показниками якості машин і механізмів є їх експлуатаційні характеристики, які залежать від технічного рівня машинобудування та приладобудування.

Експлуатаційні показники – це характеристики, які визначають якість виконання виробом заданих функцій. Загальними з них для всіх виробів довготривалої дії є показники:

- надійності (довговічності);
- динамічні властивості;
- ергономічні показники;
- економічність експлуатації.

1.3. Сертифікація продукції.

ДСТУ 3410-96 встановлює основні принципи, структуру та правила Української державної системи сертифікації УкрСЕПРО.

Сертифікація – процедура, за допомогою якої третя сторона дає письмову гарантію, що процедура, процес чи послуга відповідають заданим вимогам.

Орган із сертифікації або інший спеціально уповноважений орган проводить атестацію будь-якого виробництва для підтвердження наявності необхідних і достатніх умов виробництва певної продукції (надання певних послуг), які забезпечують стабільність виконання завдання у нормативних документах і контрольованих під час сертифікації вимог.

В Україні введена обов'язкова та добровільна сертифікація.

Обов'язкова сертифікація проводиться на відповідність до обов'язкових вимог нормативних документів, які зареєстровані у встановленому порядку, а також аналогічних вимог міжнародних та національних стандартів інших держав, введених в дію в Україні.

Добровільна сертифікація проводиться відповідно до вимог нормативних документів, які погоджені з постачальником і споживачем.

За результатами сертифікації проводиться *акредитація* особи чи органу на правомірність виконання конкретних робіт.

В разі відповідності особі чи органу надається *ліцензія* – документ, за допомогою якого орган з сертифікації надає особі чи органу право застосовувати сертифікати або знаки відповідності для своєї продукції, процесів чи послуг, згідно з правилами відповідної системи сертифікації.

На сьогодні існує більше 700 випробувальних лабораторій із визначення якості продукції. Також встановлено 32 групи однорідної продукції, що підлягають обов'язковій сертифікації (ДСТУ 3418-96). В Україні сформовано 35 систем сертифікації однорідної продукції та проводиться випробування за 34 напрямками. Нормативний документ ДСТУ 3413-96 визначає послідовність процедур із сертифікації:

- подання заявки на сертифікацію;
- розгляд заявки про проведення сертифікації;
- аналіз поданої документації;
- прийняття рішення з визначенням схеми проведення сертифікації
- обстеження виробництва;
- атестація виробництва продукції, що сертифікується, або сертифікація системи якості;
- відбір, ідентифікація зразків продукції та їх випробування;
- аналіз отриманих результатів та прийняття рішення про можливість видачі сертифіката та надання ліцензії;
- видача сертифіката відповідності, надання ліцензії та занесення сертифікованої продукції до Реєстру УкрСЕПРО;
- визнання сертифіката відповідності, виданого закордонним органом;
- технічний нагляд за сертифікованою продукцією під час виробництва;
- інформування про результати робіт із сертифікації.

Тема 2. Основи теорії технічної діагностики.

2.1. Основні поняття технічної діагностики.

Технічна діагностика (ТД) – це галузь науково-технічних знань, сутність якої складають теорія, методи і засоби виявлення і пошуку дефектів об'єктів технічної природи.

Основне призначення ТД полягає в підвищенні надійності об'єктів на етапі їх експлуатації, а також попередженні виробничого браку на етапі виготовлення об'єктів і їх складових частин.

Задачами діагностування є задачі перевірки працездатності, справності та правильності функціонування об'єкта, а також задачі пошуку дефектів, що порушують ці показники.

Діагностування технічного стану об'єкта здійснюється певними засобами діагностування. Засоби є апаратурні і програмні. Функцію засобу діагностування можуть також виконувати людина-оператор, контролер або налагоджувальник. Засоби й об'єкт діагностування, які взаємодіють між собою,

утворюють *систему діагностування*. Розрізняють системи тестового і функціонального діагностування

В системі тестового діагностування створюється відповідний тестовий вплив, а в системах функціонального діагностування цей вплив переважно виключений, а на об'єкт поступає лише робочий вплив, що передбачений алгоритмом його функціонування.

2.2. Параметри діагностування.

Для визначення працездатності виробу, пошуку дефектів і прогнозування стану машини необхідно вимірювати діагностичні параметри.

Вимірювані діагностичні параметри вибирають з множини принципово можливих параметрів деякої обмеженої кількості для дослідження інформативності ознак, сформованих на цих параметрах. За рівнем інформативності ознак визначають кінцевий склад вимірюваних фізичних параметрів, які використовуються надалі для діагнозу несправних станів. Номенклатура діагностичних параметрів наймасовіших виробів регламентується відповідними Держстандартами.

З ускладненням сучасного обладнання, підвищенням вимог до його надійності збільшується кількість контрольованих структурних параметрів, а відповідно, і необхідних вимірювальних засобів.

Основу логічної процедури діагнозу складає сукупність фізичних величин, за допомогою яких при вимірюванні визначаються структурні параметри діагностування об'єктів.

Тема 3. Забезпечення якості продукції на виробництві.

3.1. Фактори, що впливають на якість промислової продукції.

На якість продукції впливає багато факторів, основними з яких є:

- високий рівень кваліфікації працівників (відповідна освіта (технічна), перекваліфікація і підвищення кваліфікації, самоосвіта і самопідготовка);
- надійність та точність технологічного обладнання;
- чітке дотримання вимог технологічної документації (ТУ, інструкції і т.д.)
- ефективний взаємозв'язок ланки керівник–робітник;
- наукова організація праці;
- чіткий вхідний контроль якості матеріалів та обладнання;
- методологія та операційний контроль;
- застосування новітніх методів діагностики та дефектоскопії;
- ефективне сервісне обслуговування.

Точність і надійність технологічного обладнання – один з основних критеріїв якості промислової продукції.

3.2. Методи оцінки рівня якості продукції.

Систематична оцінка якості продукції необхідна для проведення заходів з її підвищення. Продукція високої якості атестується, підлягає сертифікації, а продукція, що не відповідає вимогам стандартів, знімається з випуску. Відносну характеристику якості продукції, засновану на порівнянні значень показників якості продукції, що оцінюється, з базовими значеннями відповідних показників називають *рівнем якості продукції* (ГОСТ 15467-79).

За базові показники приймають показники якості еталонного зразка або декількох зразків виробу. Вироби, обрані в якості зразків як еталонні повинні мати найвищий рівень якості з числа всієї сукупності аналогічних виробів в нашій країні та за її межами.

Для оцінки рівня якості продукції у машинобудуванні використовуються наступні методи оцінювання якості продукції:

- диференційний;
- вимірвальний;
- комплексний;
- органолептичний;
- розрахунковий;
- реєстраційний;
- змішаний;
- соціологічний;
- статистичний;
- експертний.

Серед показників якості за ДСТУ 2925—94 є такі (типу а), збільшення яких свідчить про підвищення якості (продуктивність, ресурс, точність тощо), і такі (типу б), зменшення яких свідчить про підвищення якості (собівартість, матеріалоємність, витрати пального тощо).

Для визначення відносних показників якості диференційованим методом розподільно співставляють кожний одиничний показник якості розглянутого виробу з відповідним базовим показником за відношенням:

для виробів типу а:

$$q = \frac{P_i}{P_{iб}};$$

для виробів типу б:

$$q = \frac{P_{iб}}{P_i},$$

де P_i – одиничний показник розглянутого виробу;

$P_{iб}$ — одиничний базовий показник.

Обчислені відносні показники q та q_j при додатній якості повинні бути > 1 . Якщо деякі з одиничних показників (q , q_j) < 1 , то використовують комплексний або змішаний метод.

Для підвищення якості продукції велике значення має встановлення її *оптимального рівня*, при якому потреби народного господарства та населення задовольняються з найменшими витратами суспільної праці. З розвитком науки та вдосконаленням методів і засобів виробництва оптимальний рівень якості підвищується. Довговічність виробів доцільно встановлювати такою, що дорівнює терміну морального старіння цих виробів. Необхідно максимально використовувати конструктивні, технологічні та інші фактори для підвищення якості машин без збільшення витрат виробництва – це найбільш ефективний шлях розвитку машинобудування.

3.3. Статистичні методи керування якістю продукції.

Статистичне керування технологічним процесом та коректування його параметрів виконують шляхом попереджувального вибіркового контролю продукції з метою забезпечення потрібної якості і попередження браку. При цьому систематично доповнюють контрольні карти, які дозволяють в будь-який момент оцінити стан технологічного процесу, що визначає той чи інший параметр якості продукції, а в разі виходу його за межі регулювання – виконати коректування цього процесу. Основною перевагою статистичного керування якістю продукції перед суцільним контролем є те, що статистичні методи дозволяють знайти дефектні вироби не тільки після їх виготовлення, а й в процесі виробництва, коли є змога скоректувати технологічний процес. Статистичні методи керування якістю в більшій мірі піддаються автоматизації за допомогою засобів обчислювальної техніки, ніж суцільний контроль.

Основні терміни і визначення в галузі статистичних методів керування якістю продукції встановлює ДСТУ 3514-95.

Впровадженню статистичних методів повинен передувати статистичний аналіз точності технологічних процесів, виявлення відповідності положення емпіричної кривої розподілу поля допуску контрольованого параметра та налагодження процесу для забезпечення його стабільності в часі.

Згідно з ГОСТ 15895-77, СТ СЭВ 2835-80 використовують, наприклад, такі методи керування якістю, як:

- метод розмахів;
- метод медіан;
- метод середніх арифметичних;
- метод середніх квадратичних відхилень.

3.4. Системи управління якістю продукції.

Згідно з ДСТУ 3230-95, *система якості* – це сукупність організаційної структури, методик, процесів та ресурсів, необхідних для здійснення управління якістю.

Побудова і склад системи якості повинні вибиратись з врахуванням конкретного профілю діяльності організації та відповідних елементів, зазначених у цьому стандарті.

Система якості повинна функціонувати таким чином, щоб забезпечити впевненість у такому:

- систему правильно розуміють, вона впроваджена, діє і дає ефект;
- продукція дійсно відповідає потребам і очікуванням споживача;
- враховані потреби як суспільства, так і захисту навколишнього середовища;
- акцент зроблено на попередження проблем, а не на їхнє виявлення та усунення.

Як правило, система якості стосується всіх видів діяльності, пов'язаних з якістю продукції, та взаємодіє з ними. Вона охоплює всі стадії життєвого циклу продукції і процесів, починаючи з визначення потреб ринку і закінчуючи задоволенням вимог.

Типовими стадіями є такі:

- маркетинг та вивчення ринку;
- проектування та розроблення продукції;
- планування та розроблення процесів;
- закупівля;
- виробництво або надання послуг;
- перевірка;
- пакування та складання;
- збут та продаж;
- монтаж та здавання в експлуатацію;
- технічна допомога та обслуговування;
- експлуатація;
- утилізація або вторинна переробка після закінчення терміну служби.

Згідно з ДСТУ 3815-98 (ISO 9001:2000) вся діяльність в рамках системи якості розглядається як мережа взаємопов'язаних процесів.

Управління якістю відбувається:

- на всіх рівнях – міжгалузевому, галузевому, об'єднань і підприємств;
- на всіх стадіях її життєвого циклу – дослідження та проектування, виготовлення, обертання, реалізації та експлуатації;
- на основі розробок та реалізації взаємопов'язаних технічних, організаційних, економічних і соціальних заходів з поліпшення якості продукції (принцип комплексності).

Для визначення відповідності діяльності з якості та її наслідків запланованим заходам та ефективності від впровадження цих заходів проводять систематичний і незалежний аналіз (аудит якості).

Організаційно-методичною основою управління якістю є Державна система стандартизації. На рівні міжгалузевому управління якістю використовують ДСТУ, на рівні галузі – ГСТУ, на рівні підприємств – СТПУ.

Вимоги стандарту до системи управління якістю поділені на чотири основні групи: "Відповідальність керівництва", "Управління ресурсами", "Створення продукції", "Вимірювання, аналіз і вдосконалення".

Чотири групи вимог стандарту пов'язані між собою у неперервний цикл вдосконалення. В рамках "Відповідальності керівництва" визначаються основні цілі та плани організації в галузі якості – вимоги до процесів та необхідні ресурси для досягнення встановлених цілей. Забезпечення визначеними ресурсами здійснюється через "Управління ресурсами". Після забезпечення ресурсами реалізуються дії з "Створення продукції". Результати виконання процесів і функціонування системи якості в цілому використовуються для "Вимірювання, аналізу і вдосконалення", в ході яких визначається загальна відповідність та ефективність системи якості, потенційні області для вдосконалення. Отримана інформація передається керівництву для подальшого перегляду та вдосконалення в рамках "Відповідальності керівництва" всіх складових системи управління якістю.

Однією з найбільш принципових змін при переході до нової версії стандарту ДСТУ 3921 1-99 (ISO 10012-1:1992) є заміна поняття "забезпечення якості" на "управління якістю". "Забезпечення якості" вимагає тільки визначення таких вимог до процесів, що забезпечили б відповідність результатів встановленим нормам, та подальше виконання цих вимог. При цьому самі вимоги можуть не змінюватись і система може залишатись статичною протягом довгого часу. Комплекси керування якістю – системні і технологічні встановлює ДСТУ 2926-94. "Управління якістю" передбачає наявність постійного прямого та зворотного зв'язку з усіма процесами. Для цього повинні бути запроваджені вимірювальні показники виконання для кожного з процесів та до системи в цілому. Ці показники повинні періодично плануватись, відслідковуватись та вдосконалюватись. При цьому особливо важливу роль відіграє вище керівництво організації. Воно повинно постійно розвивати та вдосконалювати систему, яка є не статичною, а динамічною. Постійний розвиток системи стає однією з важливих вимог стандарту.

3.6. Основні поняття стандарту.

– *системний технологічний комплекс керування якістю (СТК КЯ)* – сукупність технологічно взаємопов'язаних методів, засобів та діяльності щодо контролю, оцінки, аналізу ситуацій, формування та організації виконання узгоджених цілеспрямованих керівних рішень для стабільного задоволення вимог до якості та зниження витрат на якість;

– *елемент СТК КЯ* – відокремлена складова частина системного технологічного комплексу керування якістю, яка має самостійне функціональне значення та логічне завершення;

– *типовий елемент СТК КЯ* – елемент СТК КЯ, який відповідає встановленим вимогам і призначений для багаторазового застосування в системних технологічних комплексах керування якістю, що створюються для конкретних організацій

Системний технологічний комплекс керування якістю складається із елементів взаємної дії різного функціонального призначення.

Елементи, що розробляються в складі СТК КЯ, поділяються на наступні види:

- інформаційні моделі об'єктів керування (бази даних);
- оцінні показники, що відображають цілі та критерії керування якістю;
- методи та засоби стимулювання якості праці;
- інформаційно-технологічні моделі керування;
- методи, моделі, алгоритми і процедури контролю та аналізу ситуацій і формування керівних рішень;
- вхідні та вихідні документи;
- функціональні задачі керування якістю та алгоритми їхнього вирішення;
- організаційні регламенти та технології керування;
- документація.

Стандартизація типових елементів, полягає в тому, що для підвищення ефективності та надійності СТК КЯ, які створюються для конкретних організацій, а також з метою скорочення тривалості і вартості їх розробки та впровадження застосовуються типізація та стандартизація перерахованих елементів.

Вимоги до структури, складу та властивостей типових елементів СТК КЯ, які стандартизуються, доцільно встановлювати за наступними основними характеристиками:

- ефективність (для СТК КЯ в цілому характеризується точністю, узгодженістю, оперативністю та повнотою рішень, які забезпечуються засобами комплексу);
- доцільність (раціональність, достатність);
- цілеспрямованість;
- цілісність;
- комплектність;
- розподільність (за рівнями керування тощо);
- модульність;
- захищеність (від несанкціонованого доступу);
- точність (наприклад, моделей);
- надійність;
- відкритість (можливість розвитку та розширення);
- спадкоємність;
- сумісність (внутрішня та зовнішня);
- типовість;
- доступність (для освоєння та використання).

Склад типових елементів СТК КЯ повинен відображати потреби розроблювачів систем якості і бути достатнім для створення ефективних систем якості зацікавлених організацій.

В загальному вигляді до складу типових елементів СТК КЯ повинні входити:

- набори типових структур інформаційних моделей об'єктів керування (бази даних);
- набори типових показників для оцінки якості та її структур;
- набори типових методів і засобів стимулювання якості праці;
- набори типових інформаційно-технологічних моделей керування якістю;
- набори типових методів, моделей, алгоритмів і процедур контролю та аналізу ситуацій і формування керівних рішень;
- набори типових вхідних та вихідних документів;
- набори типових функціональних задач керування якістю та алгоритмів їх вирішення;
- набори типових програмних і програмно-технічних засобів;
- набори типових елементів організаційних технологій керування якістю;
- набори типових нормативних, методичних та технічних документів.

Типові елементи СТК КЯ повинні відображати особливості:

- галузей промисловості (обслуговування);
- класів та груп продукції (послуг);
- етапів петлі якості;
- методів моделювання та керування;
- рівня керування;
- системних програмних та програмно-технічних засобів.

Типові елементи СТК КЯ повинні мати блочно-модульну структуру для відображення особливостей та потреб організацій, які впроваджують системні технологічні комплекси керування якістю.

3.5. Метрологічне забезпечення якості продукції.

Метрологія – наука про виміри методи і засоби забезпечення їх єдності і необхідної точності (ДСТУ 2681-94).

Вирішувані метрологією завдання спрямовані на забезпечення єдності вимірювання при необхідній точності. Метрологічне забезпечення якості продукції на заводі покладено на службу головного технолога. Аналогічні завдання для інших суб'єктів виробництва (фірми виробники, організації і т.д.), а також загальний контроль покладено на обласні центри стандартизації та метрології.

Основними напрямками діяльності даної служби є :

- забезпечення належного стану мір і вимірювальних приладів, що застосовуються на підприємстві;
- проведення нагляду за правильним використанням вимірювальних засобів або випробувальної техніки; за дотриманням встановлених методів вимірювань або досліджень в усіх підрозділах підприємств.

Тема 4. Дефекти продукції та методи їх виявлення

4.1. Поняття про дефект та дефектну продукцію.

Під *дефектом* розуміють кожну окрему невідповідність продукції встановленим Держстандартом вимогам.

Дефект, усунення якого технічно можливе й економічно доцільне, називають *усувним*; якщо ж усунення дефекту технічно неможливе або пов'язане з великими трудовими витратами, такий дефект вважають *неусувним*.

Дефекти поділяють на *явні* та *приховані* залежно від передбачених для контролю певного виробу правил, методів і засобів.

Приховані дефекти – це дефекти, пошук яких не передбачений нормативно-технічною документацією; вони дуже небезпечні.

За масштабами збитків визначають значимість дефектів:

- *критичні* – при існуванні яких експлуатація продукції неможлива;
- *суттєві* – зменшують довговічність експлуатації;
- *незначні* – не впливають на надійність продукції.

Класифікація дефектної продукції:

1. *Критичносуттєва дефектна* – продукція, що має один критичний дефект, або сукупність суттєвих і малосуттєвих дефектів, що еквівалентні критичному.

2. *Суттєва дефектна* – має один суттєвий дефект, або сукупність несуттєвих, що еквівалентні суттєвому.

3. *Несуттєва дефектна* – має лише несуттєві дефекти.

4.2. Класифікація та основні характеристики дефектів.

Виробничі дефекти виникають через недосконалість або порушення технології виготовлення виробу, термічної, механічної та інших видів обробки. Вони охоплюють всі види машинобудівної продукції та поділяються:

Дефекти литва:

- відхилення хімічного складу від заданого через зміну складу шихти або зміну режиму плавки;
- ліквіація;
- газові пори;
- усадочні раковини;
- гарячі та холодні тріщини.

Дефекти обробки тиском:

- поверхневі та внутрішні тріщини й розриви;
- затонкість і розриви;
- риски, розшарування, торцеві тріщини тощо.

Дефекти обробки різанням:

- нагари і шліфувальні тріщини.

Дефекти ТО:

- термічні тріщини;
- знеуглення;
- перевуглення;
- водневі тріщини.

Дефекти нероз'ємних з'єднань:

- тріщини через напруження усадки при охолодженні шва;
- не проварювання;
- непропаювання, непроклеювання;
- відшарування.

Дефекти при нанесенні покриттів:

- погана адгезія (схоплюваність);
- мікротріщини.

Експлуатаційні дефекти – це дефекти деталей, вузлів, агрегатів, машин загалом, що виникають на стадії експлуатації машин внаслідок зношення, корозії, втоми і т.д., а також через неправильне технічне обслуговування або використання.

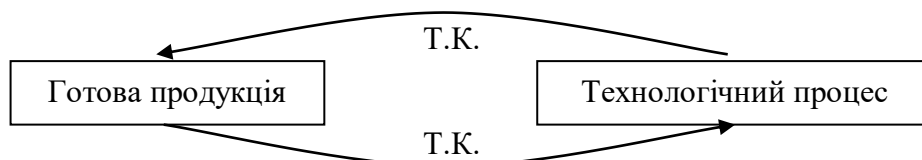
Розрізняють:

- дефекти внаслідок зношення;
- дефекти в результаті корозії;
- дефекти від втоми;
- дефекти зміни розмірів (форми) що є результатом: відхилення форми і розмірів від допустимих на етапі виробництва при механічній обробці заготовок; складального виробництва, що виникли внаслідок неякісного збирання і регулювання складальних одиниць або деталей..

Тема 5. Контроль і випробування машин, обладнання та матеріалів у виробничих умовах

5.1. Система контролю машин на заводі.

Технічний контроль виробництва є необхідною ланкою технологічного процесу виробництва та встановлює зворотний зв'язок між готовою продукцією і технологічним процесом:



Контроль на всіх етапах виробництва від налагоджувального до збирання та пакування здійснює спеціальна служба технічного контролю. У більшості машино- і верстатобудівних заводів ця служба виділена в спеціальний відділ – ВТК.

Основні завдання, які вирішує ВТК:

1. Вхідний контроль якості сировини, матеріалів, комплектуючих і т.д.; своєчасне і обґрунтоване пред'явлення претензій (рекомендацій) постачальниками за неякісні поставки.

2. Контроль дотримання технологічної дисципліни, тобто норм і режимів обробки заготовок, правил збирання і випробування, вимог до пакування, консервації продукції та інших технологічних процесів виготовлення.

3. Операційний контроль – перевірка якості безпосередньо під час або після технологічної операції.

4. Приймальний контроль, за результатами якого вирішують про придатність продукції для постачання споживача.

5. Пред'явлення продукції замовникам та оформлення документів на прийняту продукцію.

6. Контроль дотримання правил зберігання і транспортування заготовок, напівфабрикатів та готової продукції всередині підприємства і контроль дотримання правил відвантаження виробів.

7. Облік претензій (прокламацій) на невідповідність продукції встановленим вимогам, участь у розгляді претензій і контроль за виконанням заходів зі знешкодження причин виявлених недоліків.

8. Облік браку і його чітка ізоляція від готової продукції.

5.2. Методи і засоби вимірювань в практиці технічного контролю

В сучасному машинобудуванні технічні вимірювання є однією із найважливіших основ виробництва. Правильний вибір засобів вимірювання має важливе значення для забезпечення необхідної точності вимірювання. При виборі засобів вимірювання необхідно врахувати такі фактори, як матеріал деталі, її конструктивні особливості, базові поверхні, вимоги точності, а також метрологічні показники вимірювального приладу.

Контрольно-вимірювальний інструмент, призначений для вимірювання лінійних і кутових величин, можна поділити на такі основні групи:

1. Плоскопаралельні кінцеві міри довжини і кутові міри-щупи, плоскокутові плити і плоскопаралельні плити.

2. Калібри – циліндричні і шліцеві калібри-пробки і скоби.

3. Штрихові інструменти – лінійки, штангенциркулі, кутоміри.

4. Мікрометричні інструменти – мікрометри, мікрометричні глибиноміри і мікрометричні штихмаси.

5. Важільно-механічні інструменти – індикатори, важільні мікрометри, тангенціальні зубоміри.

6. Важільно-оптичні прилади – оптиметри горизонтальні та вертикальні, оптико-механічні мікроскопи.

Це основні інструменти зазначених груп. Крім цього є допоміжні. Зокрема, до групи штрихових інструментів належать також рулетки, метри, масштабні лінійки, транспортери, лімби і т.д.

В машинобудуванні відомі чотири основні методи вимірювань:

– абсолютний;

- відносний;
- непрямий;
- комплексний.

При *абсолютному* методі вимірювань значення вимірювальної величини можна прочитати безпосередньо по шкалі вимірювального приладу чи інструменту (вимірювання лінійкою, штангенциркулем, мікрометром).

При *відносному* методі вимірюваний розмір порівнюється з еталоном або кінцевою мірою. Результат отримують у вигляді відхилення вимірюваного розміру від розміру еталона або кінцевої міри (вимірювання на оптиметрах і т.д.).

При *непрямому* методі сам потрібний розмір не вимірюється, а визначається вимірюванням другого розміру, що пов'язаний з контрольованим певною залежністю.

Комплексний метод застосовують, коли необхідно одночасно перевірити декілька параметрів деталі, взаєморозташування її конструктивних елементів.

Тема 6. Методи руйнівного контролю(РК)

Ці методи побудовані на проведенні досліджень зразків матеріалів, заготовок, деталей і готових виробів при застосуванні руйнівних навантажень та фіксуванні умов руйнування. Методи РК дозволяють оцінити і через серію досліджень регламентувати основні конструкційні та технологічні властивості різних матеріалів – металів, пластмас, гуми та ін. Показниками якості матеріалів є переважно, їх механічні властивості, що визначаються при механічних дослідженнях.

Залежно від впливу навантаження на матеріал розрізняють:

- статичні дослідження, які характеризуються плавним і повільним прикладанням навантаження на зразок, що дозволяє достатньо точно вимірювати навантаження а також деформацію зразка в будь-який момент випробувань;

- динамічні, що характеризуються різкою зміною діючих зусиль, великою швидкістю деформації зразка і виникненням значних сил інерції;

- дослідження на втому, що характеризується багатократними повторними або знакозмінними навантаженнями та руйнуванням при менших напруженнях;

- дослідження на твердість.

- дослідження на зношування, що характеризується зміною форми, маси та розмірів зразків в разі фрикційної взаємодії.

Перевага РМК в тому, що вони дають можливість отримати кількісні характеристики.

Недоліки: при кожному дослідженні отримують лише одну характеристику й лише однієї деталі; також відбувається необоротне руйнування зразка

Дослідження проводять за єдиною методикою, регламентованою держстандартом для кожного виду досліджень.

Тема 7. Методи неруйнівного контролю

7.1. Загальна характеристика методів неруйнівного контролю (НК).

Методи неруйнівного контролю створені та вдосконалюються внаслідок аналізу взаємодії фізичних полів (ультразвукового, магнітного, електромагнітного) або речовин з контрольованими об'єктами.

Об'єкти НК – матеріали, заготовки ДМ, деталі та їх конструктивні елементи, вузли машин, готові вироби.

Переваги МНК:

1. Об'єкти контролю залишаються придатними до використання.
2. Порівняно велика швидкість контролю.
3. Достовірність контролю.
4. Можливість застосування при операційному контролі.
5. Можливість контролю деталей без розбирання виробу в умовах експлуатації.
6. Екологічна вигода (наприклад: кулачок розподільного валу не розрізати а за 5-8 сек на УЗ).

Відповідно до ГОСТ 18353-79 МНК класифікуються на такі види:

- магнітний;
- електричний;
- вихрострумний;
- радіохвильовий;
- тепловий;
- оптичний;
- радіаційний;
- акустичний;
- проникаючими речовинами (капілярний).

7.2. Капілярний і радіохвильовий методи НК.

Капілярні методи НК ґрунтуються на проникненні індикаторних речовин в об'єми поверхонь і наскрізних несучільностей матеріальних об'єктів та наступної реєстрації утворених індикаторних слідів візуальним способом.

При контролі на деталі наносять спеціальну змочуючу речовину, яка заповнює об'єми поверхневих дефектів, а залишки видаляють із поверхні.

Дефекти ідентифікуються виявляючи або речовину, або накопичення порошку, що введений у речовину.

Найпоширеніші сліди та відповідні дефекти:

1. Сліди у вигляді суцільних ліній, що вказують на існування тріщин.
2. Сліди у вигляді перерваних ліній – про існування дефектів типу непроварювання шва, мікротріщини.
3. Сліди у вигляді округлих ділянок – про наявність дефектів типу газових включень, пар та ін.

4. Сліди у вигляді окремих точок – виявляють пористість та ін.

5. Сліди у вигляді окремих груп коротких ліній – на наявність міжкристалічної корозії або розтріскування металів.

Переваги:

- висока чутливість та достовірність;
- наглядність та можливість контролю деталей різної складності;
- можливість контролю в один прийом широких зон деталей;
- велика номенклатура деталей для перевірки;
- простота технічних операцій контролю і швидке навчання персоналу;
- порівняно низька вартість матеріалів.

Недоліки:

- велика тривалість процесу;
- переважна оцінка поверхневих дефектів;
- гірша достовірність при зниженні температури середовища;
- шкідливість деяких речовин, тому – вентиляція та ін.

Радіохвильовий НК. Ґрунтується на реєстрації змін параметрів електромагнітного випромінювання радіохвильового діапазону, який взаємодіє з об'єктом. Методи радіохвильового контролю нагадують за своїм характером відповідні методи УЗ-контролю. Перетворювачі для радіохвильового контролю представляють собою антени, які випромінюють і сприймають надвисокочастотні електромагнітні коливання з довжиною хвиль від 1 до 100мм. Метод застосовується для вимірювання товщини при односторонньому доступі і дефектоскопії діелектричних матеріалів та виробів із них.

7.3. Акустичний неруйнівний контроль.

В основі методів ультразвукового неруйнівного контролю лежить дослідження процесу поширення ультразвукових коливань з частотою 0,5 – 25,0МГц в об'єктах контролю. Простір, в якому поширюються ультразвукові коливання, називають ультразвуковим (акустичним) полем. Оскільки ультразвукові поля можуть створюватися в будь-яких середовищах і матеріалах, методи ультразвукового контролю є універсальними. Їх застосування для контролю деталей, виготовлених із металів, пластмаси, скла, гуми, залізобетону та ін. Контроль із використанням ультразвуку має високу чутливість і продуктивність. Він виявляє об'ємні, лінійні і точкові дефекти – порушення суцільності, зони поверхневого розтріскування, міжкристалічної корозії, неоднорідність структури і т.д.

Ультразвуковими методами можна виміряти товщини стінок деталей при односторонньому доступі до них.

Ультразвукові методи застосовують для контролю якості зварних з'єднань. Виявляють тріщини, непроварювання, пустоти, неметалеві та металеві вclusions.

Переваги ультразвукових методів – можливість виявлення дефектів у різних зонах деталі – на поверхні, близько від поверхні, в глибині, причому

успішно виявляються дефекти типу раковин у товщі металу або бетону, які не мають виходу на поверхню. Ультразвуковому контролю можна піддавати і великогабаритні деталі, оскільки глибина проникання ультразвуку в метал може досягати 8 – 10 метрів.

Види акустичних методів НК. При ультразвуковому неруйнівному контролю використовують декілька методів контролю й отримання інформації: пройденого опромінення, відбитого опромінення (ехометод), резонансний метод і ін. Той чи інший метод застосовують залежно від особливостей контрольованих виробів (матеріал розміри, форма, шорсткість поверхні), виду виявлених дефектів (розмір, місцезнаходження, орієнтація) і т. д.

Метод опромінення, яке пройшло. Його називають ще *тіньовим* методом. Він полягає в реєстрації ультразвукових хвиль, які пройшли крізь контрольований об'єкт. При цьому методі контролю з одного боку до контрольованого об'єкту підводяться ультразвукові коливання, а з іншої строго напроти місця вводу, реєструється інтенсивність ультразвуку, який пройшов через контрольований об'єкт.

При контролі цим методом потрібен двосторонній доступ до об'єкта контролю. Чутливість методу не висока. Дефект можливо виявити, якщо він викликає зміну інтенсивності ультразвукових хвиль, які пройшли крізь об'єкт контролю, на 15 – 20%. Цей метод знайшов застосування при контролі тонких деталей (наприклад, сталевих листів), автомобільних покришок та ін.

Метод відбитого опромінення, який часто називають ехометодом, на відміну від методу пронизуючого опромінення ґрунтується на відбитті ультразвукових хвиль від границі виробу або поверхні дефекту.

Найбільш розповсюджений ехоімпульсний метод контролю, при якому використовується одна перетворююча головка. Вона працює почергово: як випромінювач ультразвукових коливань, або як приймач-реєстратор.

Метод *відбитого опромінення,* має ряд переваг порівняно із методом пронизуючого опромінення. По-перше, цим методом можна контролювати вироби, деталі, матеріали при односторонньому доступі до них; по-друге, чутливість ехометоду значно вища, ніж тіньового методу.

Ехоімпульсний метод застосовується для контролю різних виробів, в тому числі і великогабаритних, визначення зони крупнозернистої структури в виливках і поковках, контролю зварних з'єднань і т. д.

Метод акустичного неруйнівного контролю, що ґрунтується на реєстрації параметрів резонансних коливань, збуджених в об'єкті контролю, має назву *резонансного методу*

Основна сфера застосування резонансних ультразвукових дефектоскопів – це вимірювання товщини матеріалів, виробів, конструкцій при односторонньому доступі до них.

Сучасний ультразвуковий контроль проводиться спеціальними приладами й установками. Це – ультразвукові дефектоскопи. Діапазон частот сучасних промислових ультразвукових дефектоскопів складає від 0,5 до 10 МГц.

7.4. Магнітний неруйнівний контроль.

Це вид контролю, в основі якого лежить аналіз взаємодії магнітного поля з об'єктом контролю.

При використанні методів магнітного контролю вимірюють параметри магнітних полів, які створюються в об'єктах контролю шляхом намагнічування.

Методи магнітного неруйнівного контролю застосовують переважно для дефектоскопії феромагнетиків (заліза і сплавів на його основі, нікелю, кобальту), в яких при намагнічуванні значно посилюється магнітне поле.

У процесі магнітного контролю реєструються магнітні поля розсіювання дефектів.

Методами магнітного контролю виявляють такі характерні дефекти: тріщини (шліфувальні, гартувальні, зварні, кувальні, штампувальні), розшарування, надриви, непровари в зварних з'єднаннях, неметалічні включення тощо. Крім того, можна контролювати і сортувати сталеві деталі (в тому числі й автоматично) за твердістю після термічної обробки. Можливе проведення контролю цементованих, азотованих і загартованих шарів машин. Можливий також контроль немагнітних покриттів на феромагнітній основі.

Переваги методу: висока чутливість, відносна простота і надійність операцій контролю, можливість контролю деталей складної форми і майже будь-яких розмірів.

Найпоширенішими в промисловості є магнітопорошковий, ферозондовий і магнітографічний методи магнітного контролю.

Магнітопорошковим методом контролюють деталі з великою магнітною проникністю (μ). Цим методом можливо виявляти поверхневі дефекти типу несучільностей з шириною розкриття 1 мікромметр (0,001мм) і більше, глибиною 0,01 мм і більше. Чутливість методу дещо підвищується при використанні люмінесцентного магнітного порошку. В цьому випадку мінімальна ширина розкриття тріщини у поверхні дефекту може бути до 0,5 мікромметра (0,0005 мм), а протяжність у глибину виробу до 0,005 мм.

Чуттєвість і надійність магнітопорошкового методу в значній мірі залежать від стану поверхні контрольованого виробу. Вона повинна бути сухою, очищеною від іржі, окалини, нагару, від змашувального матеріалу та інших забруднень.

Намагнічування виробів – одна із основних операцій магнітного контролю. Застосовують чотири види – поздовжнє (полусне), циркулярне, комбіноване і намагнічування в магнітному полі, що обертається – і 14 стандартних методи намагнічування деталей.

Вид і метод намагнічування вибирають залежно від розмірів, форми об'єкта контролю, матеріалу, товщини покриття, а також від характеру й орієнтації дефектів, які підлягають виявленню. При цьому найкращі умови виявлення дефектів – перпендикулярний напрямок намагнічуючого поля щодо прямування дефектів.

Огляд контрольованої поверхні проводять неозброєним оком або з застосуванням різних оптичних пристроїв (лупи, мікроскопи, ендоскопи). При використанні люмінесцентних магнітних порошоків контроль поверхні

проводять, як і при контролі проникаючими речовинами, ультрафіолетовим опроміненням.

Магнітографічний метод призначений для контролю якості зварних швів у трубопроводах, резервуарах, листових конструкціях із ферромагнітних матеріалів. Індикатором магнітних полів є не магнітний порошок, а магнітна стрічка.

Магнітографічний метод контролю полягає в намагнічуванні контрольованої зони зварного шва для створення над дефектом магнітного поля розсіяння, “записи” цього магнітного поля на магнітну стрічку і прослуховування “запису” для встановлення розміщення і розмірів дефекту.

Магнітну стрічку протягують у стрічкопротяжному механізмі дефектоскопа в напрямку магнітної головки блока і підсилений сигнал зчитується з екрана осцилографа. Наявність дефекту, його місцезнаходження і характер визначають за протяжністю, величиною і формою імпульсів. Магнітну стрічку використовують багаторазово.

Ферозондовий метод магнітного неруйнівного контролю ґрунтується на виявленні і вимірюванні магнітних полів (в тому числі і полів розсіяння, які виникають в зоні дефекту) за допомогою ферозондів – приладів, які дозволяють виявляти і вимірювати магнітні поля.

Ферозондовим методом можна виявляти не тільки поверхневі порушення суцільності ферромагнетичних матеріалів, але і ті, які знаходяться на глибині 10–15 мм.

Застосування ферозондів дозволяє організувати автоматизоване і автоматичне сортування сталевих деталей по твердості. Вони дають якісну і кількісну характеристики магнітних властивостей матеріалу виробів, за якими можна судити про структуру і механічні властивості при магнітоструктурному аналізі. Цей метод дозволяє виміряти товщину стінок складних відливків і листів великої площі із неферромагнітних матеріалів.

Ферозондовий метод застосовують також для визначення ступеня розмагніченості виробів, підданих магнітному контролю.

7.5. Радіаційний та оптичний НК.

Схема *радіаційного контролю* подібна до відомого медичного методу – рентгеноскопії: при рентгенівському і гама-опроміненні бромисте срібло рентгенівської плівки розпадається, що викликає її потемніння після обробки, степінь якого залежить від інтенсивності і часу впливу на нього променів. Ущільнення в матеріалі виробу на плівці будуть світлішими, ніж загальний фон, порожнини (раковини, тріщини, розшарування) – темнішими, ніж фон.

Оптичний НК ґрунтується на реєстрації параметрів оптичного випромінювання, що взаємодіє з об’єктом контролю.

ОНК включає (в усіх агрегатних станах) види:

1. Візуальний контроль форм деталей і їх зовнішнього вигляду.

2. Візуально-оптичний (за допомогою оптичних приладів – лупи, електронного мікроскопа).

3. Голографічний контроль об'єктів складної форми й однорідності оптичних середовищ.

ОНК дозволяє контролювати форму і товщину надтонких матеріалів – тонких ниток, кристалів, волокон; перевіряти якість полірування та шорсткість поверхні відповідальних деталей і матеріалів; контролювати напруження в конструктивних елементах з твердих і прозорих матеріалів; контролювати зміни однорідності розчинів, їх концентрації; аналізувати газовий склад, склад рідин і твердих речовин, контролювати розміри і динаміку рухомих об'єктів та ін.

7.6. Вихрострумові методи НК.

Для контролю товщини діелектричних матеріалів (органо- і склопластики) і низькопровідних матеріалів (вуглепластики) застосовують вихрострумівий (ВС) метод відбитого випромінювання. Він ґрунтується на аналізі параметрів взаємодії зовнішнього електромагнітного поля з електромагнітним полем вихрових струмів, що наводяться збуджувальною котушкою в електропровідній основі.

ВС-метод відбитого випромінювання дає змогу контролювати товщину:

- діелектричних покриттів з ПКМ на металевій основі;
- діелектричних ПКМ без металевої основи із застосуванням підкладки зі струмопровідного матеріалу – фальшпідкладки;
- шарів діелектричних ПКМ без металевої основи із застосуванням закладних міжшарових елементів.

7.7. Метод акустичної емісії.

Цей метод застосовують для прогнозування руйнівних напружень виробів, що піддаються неруйнівним випробуванням, наприклад, пневмовипробуванням баків, трубопроводів, корпусів РДТП, мембран ядерних реакторів, корпусів літаків; контролю напружень у процесі зварювання й охолодження швів; контролю оболонки КА на випадок удару мікрометеорита; появи напружень у процесі корозії та ін.

Акустичною емісією називають явище виникнення у твердому тілі хвиль механічних напружень, викликаних динамічним перерозподілом локальних напружень у випадку перебігу процесів деформування або зламу.

Переваги методу АЕ порівняно з традиційними (УЗК, рентгеноконтроль): виявлення дефектів залежить від емісійної активності, зумовленої видом дефекту, властивостями матеріалу; найбільшу емісійну активність мають тріщини незалежно від їх розміщення; плені – це те, що неможливо виявити УЗК і рентгеноконтролем. Можна виявляти й інші дефекти типу включень, пор тощо.

Контроль методом АЕ проводять у процесі міцнісних випробувань вузла за такою програмою:

- навантаження вузла до $P_{\text{вип}}$;
- витримування за тиску $P_{\text{вип}}$ упродовж 10 хв;
- скидання тиску до $P_{\text{надл}} = 0$;
- повторне навантаження до $P_{\text{вип}}$;
- витримування упродовж 20 хв;
- скидання тиску до $P_{\text{надл}} = 0$.

Параметри АЕ реєструють під час першого навантаження вузла до $P_{\text{вип}}$ після виготовлення.

Повторну інформацію можна отримати під час витримування до $P_{\text{вип}}$ і у випадку повторного навантаження.

Додаткові вимоги при АЕ:

- сталість закону навантаження;
- відсутність шумів електричного і механічного характеру в процесі навантаження вузла;
- параметри АЕ залежать від швидкості навантаження; збільшення її зумовлює підвищення акустичної активності; навантаження має бути рівномірним, без поштовхів, тобто $dP/dt = \text{const}$;

- не повинно бути течії, що створює несправжні акустичні шуми.

Недоліки методу АЕ:

- необхідність відтворення умов випробувань, близьких до природніх, хоча й не завжди;
- можливість акустичних та електричних перешкод;
- залежність параметрів АЕ від способів одержання матеріалу, структури, властивостей;
- недостатність теоретичного рівня досліджень і експериментальної бази.

7.8. Лазерна голографія.

Голографія (від грецьк. holos – весь, повний і ...графія) – метод одержання об'ємного зображення об'єкта, що ґрунтується на інтерференції хвиль.

Голографія забезпечує одержання повнішої інформації про об'єкт, тому що реєструє на фотоплівці не тільки амплітуду, а й фази світлових хвиль, розсіяних об'єктом. Для цього на фотопластинку одночасно з хвилею, розсіяною об'єктом (сигнальна хвиля), потрібно направити допоміжну хвилю, що йде від того самого джерела світла (лазера), з фіксованими амплітудою і фазою (опорна хвиля).

Інтерференційна картина (чергування темних і світлих смуг чи плям), що виникає внаслідок взаємодії сигнальної й опорної хвиль, містить повну інформацію про амплітуду і фазу сигнальної хвилі, тобто про об'єкт. Зафіксовану на світлочутливій поверхні інтерференційну картину після проявлення називають голограмою. Якщо розглядати голограму в мікроскоп, то

в найпростішому випадку буде видно систему світлих і темних смуг, що чергуються.

Інтерференційний візерунок реальних об'єктів дуже складний. Для того, щоб побачити зображення предмета, голограму потрібно освітити тією самою опорною хвилею, яку було використано для її одержання. У найпростішому випадку інтерференції двох плоских хвиль (двох паралельних пучків) голограма є звичайними дифракційними ґратками. Плоска хвиля, що падає на таку голограму, частково проходить крізь неї, зберігаючи попередній напрямок, а частково внаслідок дифракції перетворюється на дві вторинні плоскі хвилі, що поширюються під кутом.

Контроль елементів конструкцій методами голографічної інтерферометрії є ефективним безконтактним методом діагностики. Отримані фотографії інтерференційних картин слугують документом, що підтверджує наявність чи відсутність дефектів у досліджуваному об'єкті.

Голографічна інтерферометрія в поєднанні з різними механізмами навантаження має добрі перспективи розвитку в галузі неруйнівних досліджень.

2. ВИМОГИ ДО ЗНАТЬ ТА ВМІНЬ СТУДЕНТІВ

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні знати:

- принципи організації контролю матеріалів і виробів на підприємстві;
- вимоги до технологічних процесів на виробництві з метою забезпечення відповідної якості продукції;
- сучасний рівень оснащення та характер контрольних операцій;
- принципи роботи сучасних приладів неруйнівного контролю та їх вибору для вирішення конкретних задач на виробництві;
- методи та засоби оцінки технічного стану машин і технічних об'єктів.

Лекції проводяться з метою формування у студентів знань про контроль якості та особливості діагностики матеріалів та виробів з них і набуття навичок з використання цих знань на практиці.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні вміти:

- аналізувати та ефективно застосовувати відомі засоби оцінки технічного стану машин і технічних об'єктів;
- самостійно підбирати потрібний метод контролю для аналізу якості промислової продукції;
- користуватись сучасними приладами неруйнівного та руйнівного контролю якості матеріалів, обладнання та сировини;
- вміло коректувати технологічний процес на виробництві з метою покращення або забезпечення відповідної якості промислової продукції.

3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

За цим курсом виконують одну контрольну роботу, мета якої – перевірити засвоєння студентами змісту курсу і набути навичок свідомого використання отриманих знань в інженерній практиці.

Номер варіанта контрольної роботи студент вибирає за останніми двома цифрами свого шифру, згідно з таблицею.

Таблиця

Варіант завдання контрольної роботи згідно з шифром залікової книжки

Останні дві цифри шифру	Номер варіанта контрольної роботи	Останні дві цифри шифру	Номер варіанта контрольної роботи
01; 21; 41; 61; 81	1	11; 31; 51; 71;91	11
02; 22; 42; 62;82	2	12; 32; 52; 72;92	12
03; 23; 43; 63;83	3	13; 33; 53; 73;93	13
04; 24; 44; 64;84	4	14; 34; 54; 74;94	14
05; 25; 45; 65;85	5	15; 35; 55; 75;95	15
06; 26; 46; 66;86	6	16; 36; 56; 76;96	16
07; 27; 47; 67;87	7	17; 37; 57; 77;97	17
08; 28; 48; 68;88	8	18; 38; 58; 78;98	18
09; 29; 49; 69;89	9	19; 39; 59; 79;99	19
10; 30; 50; 70;90	10	20; 40; 60; 80;100	20

Зміст контрольної роботи повинен точно відповідати встановленому варіанту. Ніякі довільні відхилення від порядку вибору завдання не допускаються, і контрольні варіанти, не відповідають темі чи з відхиленнями від неї, не зараховується.

Контрольні завдання виконують у письмовому вигляді. Питання повинні бути написані перед відповіддю і підкреслені. Відповіді на питання контрольних завдань повинні бути чіткими і ясними, ґрунтуватися на теоретичних положеннях, викладених у підручниках, що рекомендуються, ілюструватися схемами, ескізами.

У тексті відповідей повинні бути посилання на ілюстративний матеріал. На сторінках роботи потрібно залишати поля для зауважень рецензента. Обсяг виконуваного завдання – 16...18 сторінок стандартного учнівського зошита. Наприкінці виконуваного завдання необхідно подати список використаної літератури, вказати дату виконання роботи і поставити підпис.

Після рецензування роботи студент повинен проаналізувати всі зауваження рецензента і дати на них письмові відповіді на останніх сторінках зошита. Виправлення в тексті після рецензії не допускаються.

Якщо робота не зарахована, то після відповідей на зауваження вона посилається на повторне рецензування.

4. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Варіант 1

1. Охарактеризуйте особливості якості продукції та критерії, за якими вони визначаються.
2. Класифікація та основні характеристики виробничих дефектів.
3. Дайте характеристику поняттям: стандарт; попередній стандарт; документ технічних умов.
4. Дайте характеристику радіографічних методів неруйнівного контролю. Вкажіть області застосування.

Варіант 2

1. Поняття сертифікація продукції. Опишіть етапи проведення робіт із сертифікації продукції в Україні.
2. Вкажіть особливості дефектів продукції та дайте характеристику дефектної продукції.
3. Дайте характеристику державним стандартам. Вкажіть сфери їх застосування.
4. Опишіть особливості проведення контролю якості та механічних властивостей металопрокату.

Варіант 3

1. Вкажіть основні поняття технічної діагностики.
2. Особливості експлуатаційних дефектів. Їх класифікація та характеристика.
3. Нормативні документи по стандартизації в Україні.
4. Опишіть особливості контролю якості виробів у процесі виробництва. Вкажіть методи здійснення контролю якості.

Варіант 4

1. Охарактеризуйте параметри діагностування різних видів продукції та послуг.
2. Дайте характеристику системи контролю машин на заводі. Вкажіть основні завдання, які вирішує відділ технічного контролю.
3. Поняття стандарт та його похідні. Наведіть їх характеристику та області застосування.
4. Опишіть особливості проведення контролю деталі “диск колеса”. Дайте характеристику пристроям які при цьому застосовуються.

Варіант 5

1. Опишіть фактори, що впливають на якість промислової продукції в процесі виробництва та методи здійснення контролю якості. Вкажіть заходи із забезпечення точності технологічного обладнання та дотримання вимог технологічної документації.
2. Опишіть структури, які входять у відділ технічного контролю та функції його підрозділів.
3. Основні поняття процесу стандартизації. Сутність процесу стандартизації.
4. Дайте характеристику універсальним засобам вимірювання, які застосовуються для проведення контролю якості.

Варіант 6

1. Дайте характеристику методам оцінки рівня якості продукції на виробництві
2. Опишіть особливості засобів вимірювань, які використовуються для проведення технічного контролю.
3. Опишіть сутність новітніх методів неруйнівного контролю полімеркомпозитних матеріалів.
4. Опишіть особливості застосування твердоміра електроакустичного ТЕА-5. Вкажіть будову та принцип роботи перетворювача.

Варіант 7

1. Опишіть особливості статистичних методів керування якістю продукції на виробництві.
2. Охарактеризуйте особливості методів руйнівного контролю (РК).
3. Особливості вихрострумових методів неруйнівного контролю.
4. Опишіть методику вимірювання твердості за допомогою твердоміра електроакустичного ТЕА-5.

Варіант 8

1. Охарактеризуйте системи управління якістю продукції на виробництві.

2. Дайте характеристику поняттю Держстандарт. Вкажіть його особливості та функції. Порядок проведення акредитації.

3. Охарактеризуйте капілярний та радіохвильовий методи неруйнівного контролю.

4. Особливості застосування методу інфрачервоної спектроскопії для дефектоскопії полімеркомпозитів.

Варіант 9

1. Основні поняття стандарту. Вкажіть їх сутність та вимоги, що до них ставляться.

2. Загальна характеристика методів неруйнівного контролю (НК).

3. Опишіть методику проведення капілярного методу неруйнівного контролю.

4. Опишіть методику використання методу інфрачервоної спектроскопії для дефектоскопії полімеркомпозитів. Вкажіть які особливості будови можна виявити за допомогою даного методу.

Варіант 10

1. Особливості організації і забезпечення якості продукції, яка випускається в умовах серійного або масового виробництва.

2. Опишіть основи класифікації методів неруйнівного контролю

3. Опишіть суть явищ, покладених в основу акустичних методів неруйнівного контролю.

4. Особливості застосування методу електронної мікроскопії для аналізу складу полімеркомпозитів.

Варіант 11

1. Наведіть і опишіть схему проведення робіт при контролі якості і усунення причин браку для простих, складних та досить складних чи спеціальних дослідженнях дефектності продукції.

2. Особливості застосування нормативних документів і характер їх вимог.

3. Дайте характеристику ультразвуковим методам неруйнівного контролю. Вкажіть їх особливості та сфери застосування.

4. Опишіть методику використання електронної мікроскопії для аналізу складу полімеркомпозитів. Вкажіть які особливості будови можна виявити за допомогою цього методу.

Варіант 12

1. Дайте характеристику метрологічному забезпеченню якості продукції.

2. Види стандартів. Їх характеристика та області застосування.

3. Особливості використання метод відбитого опромінення як одного з видів акустичного контролю
4. Особливості застосування диференційного термічного аналізу для дослідження складу полімеркомпозитів.

Варіант 13

1. Особливості аналітичного дослідження при аналізі якості продукції в машинобудуванні.
2. Охарактеризуйте поняття стандарти на методи контролю (іспитів, вимірів, аналізу).
3. Сутність магнітного методу НК. Переваги та недоліки.
4. Опишіть методику застосування диференційного термічного аналізу для дослідження складу полімеркомпозитів. Вкажіть які особливості будови можна виявити за допомогою даного методу.

Варіант 14

1. Опишіть особливості сучасних методів аналізу при контролі якості продукції.
2. Охарактеризуйте поняття: стандарти технічних умов; стандарти загальних технічних умов; стандарти на роботу (процеси).
3. Дайте характеристику магнітопорошковому методу неруйнівного контролю.
4. Наведіть приклади приладів, які застосовуються при магнітних методах контролю. Вкажіть їх особливості та області застосування.

Варіант 15

1. Особливості постановки задачі та проведення аналізу при контролі якості продукції. Відбір проби і підготовка її до аналізу.
2. Охарактеризуйте поняття: основні стандарти; стандарти на продукцію (послуги).
3. Опишіть особливості магнітографічного та ферозондового методів неруйнівного контролю.
4. Наведіть приклади приладів, які застосовуються при ультразвукових методах контролю. Вкажіть їх особливості та області застосування.

Варіант 16

1. Вкажіть рекомендації щодо використання аналітичних досліджень при аналізі якості продукції.
2. Поняття технічні умови. Особливості застосування технічних умов.
3. Види акустичних методів неруйнівного контролю. Їх характеристика та особливості застосування.

4. Наведіть приклади приладів, які застосовуються при вихрострумових методах контролю. Вкажіть їх особливості та області застосування.

Варіант 17

1. Опишіть в яких випадках на виробництві використовується інформація, що була одержана при основних видах аналітичного дослідження якості продукції.

2. Дайте характеристику галузевим стандартам та стандартам підприємств. Вкажіть області їх застосування.

3. Дайте характеристику фізичним основам та видам радіаційного неруйнівного контролю. Опишіть особливості оптичного методу неруйнівного контролю.

4. Наведіть приклади різних видів магнітних порошків, суспензій, паст. Вкажіть особливості їх застосування при магнітних методах неруйнівного контролю.

Варіант 18

1. Особливості застосування фрактографічного аналізу якості.

2. Дайте характеристику поняттям: методичні положення; описове положення; стандарт з відкритими значеннями.

3. Опишіть суть явищ, покладених основу методу акустичної емісії.

4. Опишіть особливості контролю структури і вмісту легуючих елементів в сталі при застосування магнітних методів неруйнівного контролю.

Варіант 19

1. Опишіть етапи проведення вхідного контролю якості матеріалів та комплектуючих виробів. Вкажіть їх особливості.

2. Дайте характеристику поняттям: стандарт на методи іспитів; стандарт на процес, послугу; стандарт на сумісність.

3. Вкажіть особливості та області застосування методу акустичної емісії.

4. Опишіть та поясніть за якою схемою відбувається утворення голографічної картинки досліджуваного об'єкта.

Варіант 20

1. Охарактеризуйте процес проведення технічного операційного контролю та наведіть особливості підтримання якості продукції на після виробничій стадії.

2. Дайте характеристику поняттям: зведення правил; регламент; основний стандарт; термінологічний стандарт.

3. Опишіть методику проведення методу акустичної емісії при контролі якості. Вкажіть вимоги, які до цього ставляться.

4. Охарактеризуйте застосування методу лазерної голографії для проведення неруйнівного контролю.

5. ПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Охарактеризуйте особливості якості продукції та критерії, за якими вони визначаються.

2. Класифікація та основні характеристики виробничих дефектів.

3. Дайте характеристику поняттям: стандарт; попередній стандарт; документ технічних умов.

4. Дайте характеристику радіографічних методів неруйнівного контролю. Вкажіть області застосування.

5. Поняття сертифікація продукції. Опишіть етапи проведення робіт із сертифікації продукції в Україні.

6. Вкажіть особливості дефектів продукції та дайте характеристику дефектної продукції.

7. Дайте характеристику державним стандартам. Вкажіть сфери їх застосування.

8. Опишіть особливості проведення контролю якості та механічних властивостей металопрокату.

9. Вкажіть основні поняття технічної діагностики.

10. Особливості експлуатаційних дефектів. Їх класифікація та характеристика.

11. Нормативні документи по стандартизації в Україні.

12. Опишіть особливості контролю якості виробів у процесі виробництва.

13. Вкажіть методи здійснення контролю якості.

14. Охарактеризуйте параметри діагностування різних видів продукції та послуг.

15. Дайте характеристику системи контролю машин на заводі. Вкажіть основні завдання, які вирішує відділ технічного контролю.

16. Поняття стандарт та його похідні. Наведіть їх характеристику та сфери застосування.

17. Опишіть особливості проведення контролю деталі “диск колеса”.

18. Дайте характеристику пристроям, які при цьому застосовуються.

19. Опишіть фактори, що впливають на якість промислової продукції в процесі виробництва та методи здійснення контролю якості.

20. Вкажіть заходи із забезпечення точності технологічного обладнання та дотримання вимог технологічної документації.

21. Опишіть структури, які входять у відділ технічного контролю та функції його підрозділів.

22. Основні поняття процесу стандартизації. Сутність процесу стандартизації.
23. Дайте характеристику універсальним засобам вимірювання, які застосовуються для проведення контролю якості.
24. Дайте характеристику методам оцінки рівня якості продукції на виробництві
25. Опишіть особливості засобів вимірювань, які використовуються для проведення технічного контролю.
26. Опишіть сутність новітніх методів неруйнівного контролю полімеркомпозитних матеріалів.
27. Опишіть особливості застосування твердоміра електроакустичного ТЕА-5. Вкажіть будову та принцип роботи перетворювача.
28. Опишіть особливості статистичних методів керування якістю продукції на виробництві.
29. Охарактеризуйте особливості методів руйнівного контролю (РК).
30. Особливості вихрострумових методів неруйнівного контролю.
31. Опишіть методику вимірювання твердості за допомогою твердоміра електроакустичного ТЕА-5.
32. Охарактеризуйте системи управління якістю продукції на виробництві.
33. Дайте характеристику поняттю Держстандарт. Вкажіть його особливості та функції. Порядок проведення акредитації.
34. Охарактеризуйте капілярний та радіохвильовий методи неруйнівного контролю.
35. Особливості застосування методу інфрачервоної спектроскопії для дефектоскопії полімеркомпозитів.
36. Основні поняття стандарту. Вкажіть їх сутність та вимоги, які до них ставляться.
37. Загальна характеристика методів неруйнівного контролю (НК).
38. Опишіть методику проведення капілярного методу неруйнівного контролю.
39. Опишіть методику використання методу інфрачервоної спектроскопії для дефектоскопії полімеркомпозитів. Вкажіть які особливості будови можна виявити за допомогою зазначеного методу.
40. Особливості організації і забезпечення якості продукції, яка випускається в умовах серійного або масового виробництва.
41. Опишіть основи класифікації методів неруйнівного контролю
42. Опишіть суть явищ, покладених в основу акустичних методів неруйнівного контролю.
43. Особливості застосування методу електронної мікроскопії для аналізу складу полімеркомпозитів.

44. Наведіть і опишіть схему проведення робіт при контролі якості і усунення причин браку для простих, складних та досить складних чи спеціальних дослідженнях дефектності продукції.
45. Особливості застосування нормативних документів і характер їх вимог.
46. Дайте характеристику ультразвуковим методам неруйнівного контролю. Вкажіть їх особливості та сфери застосування.
47. Опишіть методику використання електронної мікроскопії для аналізу складу полімеркомпозитів. Вкажіть які особливості будови можна виявити за допомогою цього методу.
48. Дайте характеристику метрологічному забезпеченню якості продукції.
49. Види стандартів. Їх характеристика та сфери застосування.
50. Особливості використання метод відбитого опромінення як одного з видів акустичного контролю
51. Особливості застосування диференційного термічного аналізу для дослідження складу полімеркомпозитів.
52. Особливості аналітичного дослідження при аналізі якості продукції в машинобудуванні.
53. Охарактеризуйте поняття стандарти на методи контролю (іспитів, вимірів, аналізу).
54. Сутність магнітного методу НК. Переваги та недоліки.
55. Опишіть методику застосування диференційного термічного аналізу для дослідження складу полімеркомпозитів. Вкажіть які особливості будови можна виявити за допомогою цього методу.
56. Опишіть особливості сучасних методів аналізу при контролі якості продукції.
57. Охарактеризуйте поняття: стандарти технічних умов; стандарти загальних технічних умов; стандарти на роботу (процеси).
58. Дайте характеристику магнітопорошковому методу неруйнівного контролю.
59. Наведіть приклади приладів, які застосовуються при магнітних методах контролю. Вкажіть їх особливості та сфери застосування.
60. Особливості постановки задачі та проведення аналізу при контролі якості продукції. Відбір проби і підготовка її до аналізу.
61. Охарактеризуйте поняття: основні стандарти; стандарти на продукцію (послуги).
62. Опишіть особливості магнітографічного та ферозондового методів неруйнівного контролю.
63. Наведіть приклади приладів, які застосовуються при ультразвукових методах контролю. Вкажіть їх особливості та сфери застосування.
64. Вкажіть рекомендації щодо використання аналітичних досліджень при аналізі якості продукції.

65. Поняття технічні умови. Особливості застосування технічних умов.
66. Види акустичних методів неруйнівного контролю. Їх характеристика та особливості застосування.
67. Наведіть приклади приладів, які застосовуються при вихрострумових методах контролю. Вкажіть їх особливості та сфери застосування.
68. Опишіть в яких випадках на виробництві використовується інформація, що була одержана при основних видах аналітичного дослідження якості продукції.
69. Дайте характеристику галузевим стандартам та стандартам підприємств. Вкажіть сфери їх застосування.
70. Дайте характеристику фізичним основам та видам радіаційного неруйнівного контролю. Опишіть особливості оптичного методу неруйнівного контролю.
71. Наведіть приклади різних видів магнітних порошків, суспензій, паст. Вкажіть особливості їх застосування при магнітних методах неруйнівного контролю.
72. Особливості застосування фактографічного аналізу якості.
73. Дайте характеристику поняттям: методичні положення; описове положення; стандарт з відкритими значеннями.
74. Опишіть суть явищ, покладених основу методу акустичної емісії.
75. Опишіть особливості контролю структури і вмісту легуючих елементів в сталі при застосування магнітних методів неруйнівного контролю.
76. Опишіть етапи проведення вхідного контролю якості матеріалів та комплектуючих виробів. Вкажіть їх особливості.
77. Дайте характеристику поняттям: стандарт на методи іспитів; стандарт на процес, послугу; стандарт на сумісність.
78. Вкажіть особливості та області застосування методу акустичної емісії.
79. Опишіть та поясніть за якою схемою відбувається утворення голографічної картини досліджуваного об'єкта.
80. Охарактеризуйте процес проведення технічного операційного контролю та наведіть особливості підтримання якості продукції на після виробничій стадії.
81. Дайте характеристику поняттям: зведення правил; регламент; основний стандарт; термінологічний стандарт.
82. Опишіть методіку проведення методу акустичної емісії при контролі якості. Вкажіть вимоги, які до цього ставляться.
83. Охарактеризуйте застосування методу лазерної голографії для проведення неруйнівного контролю.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Куц Ю.В., Редька М.О., Близнюк О.Д. (2020) Метод виявлення сигналів вихрострумowego неруйнівного контролю на фоні шуму за кількістю нулів процесу. VII Міжнар. наук.-техн. конф. Метрологія, інформаційно-вимірювальні технології та системи МІВТС-2020. Тези доповідей, 18-19 лютого 2020. Харків, сс. 71–72.
2. Куц Ю.В., Редька М.О., Близнюк О.Д. (2020) Метод виявлення сигналів вихрострумowego неруйнівного контролю на фоні шуму за кількістю нулів процесу. VII Міжнар. наук.-техн. конф. Метрологія, інформаційно-вимірювальні технології та системи МІВТС-2020. Тези доповідей, 18-19 лютого 2020. Харків, сс. 71–72.
3. Застосування фазових характеристик сигналу в автоматизованій вихрострумовой дефектокопії / М. О. Редька, Ю. В. Куц, Є. В. Шаповалов, В. М. Учанін, Ю. Ю. Лисенко, О. Д. Близнюк // Технічна діагностика і неруйнівний контроль. – 2022. – №1. – С. 45-53.
4. Mei, Z.; Kuts, Y.; Kochan, O.; Lysenko, I.; Levchenko, O.; Vlach-Vyhrynovska, H. Using Signal Phase in Computerized Systems of Non-destructive Testing. Meas. Sci. Rev. 2022, 22, 32–43.
5. Дослідження коливального режиму в системах автоматизованого імпульсного вихрострумowego контролю / Ю. Ю. Лисенко, Ю. В. Куц, В. М. Учанін, В. Ф. Петрик // Відбір і обробка інформації. – 2021. – 49(125). – С. 9-18
6. Момот, А. С. Удосконалення методу визначення характеристик дефектів багатошарових матеріалів за результатами активного теплового контролю : дис. ... д-ра філософії : 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / Момот Андрій Сергійович. – Київ, 2020. – 192 с.

З М І С Т

Вступ	3
1. Короткий опис основних тем курсу	4
Тема 1. Покращення якості і надійності продукції – магістральний напрямок соціально-економічного розвитку.....	4
Тема 2. Основи теорії технічної діагностики.....	6
Тема 3. Забезпечення якості продукції на виробництві.....	7
Тема 4. Дефекти продукції та методи їх виявлення.....	14
Тема 5. Контроль і випробування машин, обладнання та матеріалів у виробничих умовах.....	15
Тема 6. Методи руйнівного контролю(РК).....	17
Тема 7. Методи неруйнівного контролю.....	18
2. Вимоги до знань та вмінь студентів	25
3. Методичні вказівки до виконання контрольних завдань	26
4. Завдання для виконання контрольної роботи.....	27
5. Питання для перевірки знань.....	32
Рекомендована література.....	36

Д35 **Діагностика і дефектоскопія матеріалів та виробів:** конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійних програм «Матеріалознавство», «Індустріальний інжиніринг» спеціальності G8 Матеріалознавство галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво денної та заочної форм навчання / уклад. Н.Ю. Імбірович – Луцьк: ЛНТУ, 2026. – 38 с.

Конспект лекцій складений відповідно до діючої програми курсу «Діагностика і дефектоскопія матеріалів та виробів». Призначене для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності G8 Матеріалознавство денної та заочної форм навчання. Містить теоретичний матеріал відповідно до тем передбачених робочою програмою, вимоги до знань та вмінь студентів, питання для перевірки знань, додаткові самостійні завдання та перелік рекомендованої літератури.

Комп'ютерний набір Імбірович Н.Ю.

Редактор Імбірович Н.Ю.

Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Таймс.

Ум. друк. арк. 6,75. Обл.-вид. арк. 6,2.

Тираж ___ прим. Зам. 1.

Відділ іміджу та промоції

Луцького національного технічного університету

43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75

ВП ЛНТУ