



ПІДПИСАНО

Заступник директора з навчально-методичної роботи
ЗПЦ «Дніпровський професійний технологічний
коледж»

Сергій ГОРДІЄНКО

«28» серпня 2026 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО І ТЕРМІЧНА ОБРОБКА МЕТАЛІВ І ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ»

Рівень освіти: Фахова передвища освіта (ОПС «Фаховий молодший бакалавр»)

Галузь знань: 13 Механічна інженерія / G Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність: 131 Прикладна механіка / G9 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма: «Зварювальне виробництво»

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Методологічне обґрунтування та епістемологічна роль курсу: Навчальна дисципліна «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» є ключовим, системоутворюючим нормативним (обов'язковим) компонентом циклу фундаментальної та професійно-орієнтованої підготовки здобувачів фахової передвищої освіти першого року навчання за спеціальністю 131 «Прикладна механіка». У контексті освітньо-професійної програми «Зварювальне виробництво» цей курс виконує роль базового інтелектуального та природничо-наукового фундаменту, що формує професійний інженерно-технологічний світогляд майбутнього фахівця.

Дисципліна виступає критично важливою сполучною ланкою між абстрактно-аналітичним апаратом фізики твердого тіла, хімії та термодинаміки з одного боку, і вузькоспеціалізованими прикладними науками (металургія зварювання, зварні конструкції, технологія виробництва) — з іншого. Без глибокого, усвідомленого розуміння механізмів кристалізації, алотропічних перетворень, кінетики розпаду аустеніту та фазових структурних змін у зоні термічного впливу (ЗТВ), абсолютно неможливий свідомий вибір основних і зварювальних матеріалів, а також призначення режимів попереднього підігріву чи післязварювальної термічної обробки для зняття залишкових напружень.

Освітній процес чітко структурований та збалансований: він інтегрує масивний теоретичний базис із розширеним лабораторно-практичним інструментарієм. Це дозволяє здобувачам трансформувати складні фізико-хімічні моделі у конкретні технологічні алгоритми забезпечення експлуатаційної надійності сучасних промислових комплексів. Архітектура курсу розроблена з глибоким усвідомленням необхідності роботи з ветеранами, військовослужбовцями, членами їхніх сімей та людьми, які постраждали від війни, застосовуючи принципи педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Approach), що гарантує створення безбар'єрного, емпатичного та психологічно безпечного академічного середовища.

Найменування показників	Детальна академічна та структурна характеристика дисципліни
Кількість кредитів ЄКТС	6 кредитів ЄКТС. Обов'язковий освітній компонент, що формує ключові аналітичні, загальноінженерні та спеціальні фахові компетентності (здатність до аналізу структури матеріалів та призначення термообробки).
Загальна кількість годин	180 академічних годин. Повний обсяг навчального часу, виділений на всебічне засвоєння фундаментальних закономірностей матеріалознавства, кристалографії та теорії

Найменування показників	Детальна академічна та структурна характеристика дисципліни
	термічної обробки.
Рік підготовки (курс)	І курс. Базовий етап переходу від загальноосвітнього рівня до формування глибокого фізико-металургійного та інженерного мислення фахівця.
Семестр викладання	2 семестр. Вивчення здійснюється безперервним інтенсивним фундаментоутворюючим блоком.
Інтенсивність викладання	6 академічних годин на тиждень. Забезпечує оптимальне та систематичне занурення в предмет, дозволяючи підтримувати високу динаміку когнітивного процесу від вивчення діаграми Fe-C до розв'язання прикладних технологічних задач.
Аудиторні (контактні) години	108 годин. Контактна аудиторна робота з викладачем (без урахування контрольних заходів), що становить 60% від загального обсягу курсу та зосереджена на формуванні прикладних навичок.
<i>з них: Лекційні заняття</i>	60 годин. Науково-теоретичний базис, що охоплює теорію кристалізації, фазові рівноваги, класифікацію металів і сплавів за ДСТУ, механізми термічної, хіміко-термічної обробки та зварюваності.
<i>з них: Практичні заняття</i>	48 годин. Розширений практико-орієнтований інженерний блок. Спрямований на розв'язання складних аналітичних задач: вибір марок сталей, розшифрування маркування, розрахунок еквівалента вуглецю, проектування режимів гартування та відпуску.
Контрольні заходи	30 годин. Регламентований час, виділений на проведення модульних тестувань, захист розрахунково-графічних робіт, поточні зрізи знань та підсумкову семестрову атестацію.
Самостійна робота (СРС)	42 години. Спрямована на автономне епістемологічне дослідження: опрацювання нормативної бази (ДСТУ, EN), роботу з довідниками сталей, виконання індивідуальних розрахункових завдань та розвиток навичок автономного інженерного проектування технологічних процесів.
Форма підсумкового контролю	Екзамен. Комплексна перевірка здатності здобувача обґрунтувати вибір матеріалу та технології його термічної обробки для реального зварного вузла

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Головна мета (Фундаментально-онтологічна): Фундаментальною метою вивчення нормативної навчальної дисципліни «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» є цілеспрямоване формування у здобувачів фахової передвищої освіти комплексної системи теоретичних знань про внутрішню кристалічну будову, фізико-хімічні, механічні та технологічні властивості металевих і неметалевих матеріалів, а також глибоке

розуміння термодинамічних і кінетичних закономірностей фазових перетворень під впливом теплового, хімічного та деформаційного впливів. Курс покликаний закласти міцний природничо-науковий та інженерний фундамент для усвідомленого керування процесами структуроутворення та забезпечення заданого рівня надійності металовиробів. Мета передбачає розвиток високого рівня фізико-металургійного мислення, здатності до макро- та мікроструктурного аналізу і прогнозування поведінки матеріалів у складних експлуатаційних умовах.

Спеціальна (фахова) мета: Забезпечення здобувачів, що навчаються за освітньо-професійною програмою «Зварювальне виробництво», надійним науково-технічним інструментарієм для проектування, виготовлення, експлуатації та ремонту зварних конструкцій і технологічного устаткування. Вона передбачає розвиток здатності до раціонального, науково обґрунтованого вибору основних металів і зварювальних матеріалів, а також призначення оптимальних технологічних режимів попередньої, супутньої та післязварювальної термічної обробки для зняття залишкових напружень, мінімізації шкідливого впливу зварювального термічного циклу та запобігання утворенню гартівних структур у зоні термічного впливу (ЗТВ).

Основні завдання дисципліни: Для досягнення поставленої мети навчальна дисципліна вирішує комплекс взаємопов'язаних когнітивних, аналітичних та праксеологічних завдань, які безпосередньо корелюють із вимогами Стандарту фахової передвищої освіти:

- **Фундаментально-теоретичне завдання (Когнітивний домен):** Глибоке опанування теорії кристалізації, механізмів формування кристалічних ґраток та дефектів будови металів. Вивчення теорії сплавів, детальний аналіз діаграм стану (зокрема, діаграми залізо-вуглець) як основи для розуміння структурних складових сталей і чавунів. Засвоєння сучасних класифікацій та систем маркування матеріалів з урахуванням усіх оновлених нормативних актів, що стосуються професійної та фахової передвищої освіти, а також чинних національних (ДСТУ) та міжнародних (EN, ISO) стандартів.
- **Інженерно-розрахункове та технологічне завдання (Праксеологічний домен):** Формування міцних практичних навичок роботи з довідковою літературою, нормативними даними та марочниками сталей. Оволодіння алгоритмами розрахунку еквівалента вуглецю для оцінки зварюваності, а також проектування режимів різних видів термічної (відпал, нормалізація, гартування, відпуск) та хіміко-термічної обробки для досягнення необхідного комплексу механічних властивостей. Набуття досвіду експериментальної перевірки теоретичних висновків під час проведення лабораторних досліджень макро- та мікроструктури, а також вимірювання твердості.
- **Структурно-аналітичне завдання (Домен моделювання ЗТВ):** Системне вивчення структурно-фазових перетворень в металах і сплавах при нагріванні та безперервному охолодженні. Застосування цих знань для глибокого аналізу металургійних процесів, що відбуваються в зварювальній ванні та зоні термічного впливу (ЗТВ). Формування здатності прогнозувати схильність конструкційних матеріалів до утворення холодних і гарячих тріщин, пор та неметалевих включень у зварних швах.
- **Превентивне завдання (Домен надійності та безпеки):** Дослідження закономірностей зміни властивостей металів внаслідок старіння, пластичної деформації (наклепу) та рекристалізації. Оцінка впливу легуючих елементів та шкідливих домішок на втомну міцність, холодноламкість та корозійну стійкість зварних металоконструкцій в екстремальних умовах експлуатації.
- **Соціально-адаптаційне та інклюзивне завдання (Домен соціальної відповідальності):** Формування у здобувачів освіти стійких навичок етичної взаємодії та соціальної відповідальності під час командної роботи. Враховуючи особливості контингенту, забезпечення психологічної безпеки в освітньому процесі через інтеграцію принципів педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Approach), та готовності до адаптації робочих місць. Створення емпатичного середовища, яке безумовно враховує специфіку роботи з ветеранами, військовослужбовцями, членами їхніх сімей та людьми, які постраждали від війни, з фокусом на конструктивну інженерну безпеку та залучення до відбудови промислової інфраструктури.

3. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА СТРУКТУРНА МОДЕЛЬ

3.1. Нормативно-правові документи та академічні стандарти, на основі яких розроблена робоча програма навчальної дисципліни Робоча програма нормативної (обов'язкової) навчальної дисципліни «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» є засадничим академічним документом, розробленим із суворим дотриманням чинного законодавства України, усіх оновлених нормативних актів, що стосуються освіти, професійної (професійно-технічної) та фахової передвищої освіти, а також сучасних європейських стандартів інженерної підготовки. Програма концептуально та структурно базується на таких фундаментальних документах:

- Закони України «Про освіту», «Про професійну (професійно-технічну) освіту» та «Про фахову передвищу освіту», які визначають правові, організаційні та фінансові засади функціонування системи підготовки кваліфікованих кадрів.
- Стандарт фахової передвищої освіти зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія» освітньо-професійного ступеня «фаховий молодший бакалавр» (затверджений наказом МОН України від 30.11.2021 р. № 1284).
- Освітньо-професійна програма (ОПП) «Зварювальне виробництво» (Welding production) підготовки фахівців освітньо-професійного ступеня «Фаховий молодший бакалавр» для спеціальності G9 «Прикладна механіка» галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво».
- Національна рамка кваліфікацій (НРК) України (5 рівень, що відповідає короткому циклу вищої освіти FQ-EHEA та рівню EQF-LLL).

3.2. Кваліфікаційні, соціально-демографічні та психологічні вимоги до кандидатів на підготовку (Вхідні критерії)

- **Освітній ценз (Академічний бекграунд):** Наявність документа державного зразка про базову або повну загальну середню освіту, або документа про освітньо-кваліфікаційний рівень «кваліфікований робітник». Для успішного опанування курсу кандидати повинні володіти міцним шкільним фундаментом з природничих наук (хімії та фізики), розуміти основи молекулярно-кінетичної теорії, термодинаміки та будови атома.
- **Категорія слухачів (Цільова аудиторія):** Здобувачі фахової передвищої освіти першого курсу (2-й семестр навчання), а також дорослі особи, які проходять процедуру перекваліфікації або здобувають другу освіту. Освітній процес та архітектура викладання організовані з глибоким усвідомленням необхідності роботи з ветеранами, військовослужбовцями, членами їхніх сімей та людьми, які постраждали від війни. Програма передбачає гнучкі графіки лабораторних практикумів та інтеграцію принципів педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Approach), гарантуючи психологічно безпечне, інклюзивне академічне середовище.
- **Спеціальні (особистісні) вимоги:** Здатність до системного мікро- та макроаналізу, схильність до дослідження причинно-наслідкових зв'язків між внутрішньою структурою металу та його експлуатаційними властивостями, високий рівень академічної доброчесності та акуратність під час роботи з лабораторним обладнанням (металографічними мікроскопами, твердомірами).

3.3. Структурно-логічна організація освітнього процесу та міждисциплінарні зв'язки

Згідно зі структурно-логічною схемою ОПП «Зварювальне виробництво», дисципліна вивчається інтенсивним блоком протягом 2-го семестру (І курс) і є концептуальним ядром, що пов'язує фундаментальну природничо-наукову підготовку з прикладними технологічними науками зварювальної галузі.

- **Пререквізити (Попередні дисципліни):** Успішне вивчення матеріалознавства базується на засвоєнні понять атомно-молекулярної взаємодії, тепломасообміну та механіки з курсів «Фізика» та «Хімія», а також навичок просторового уявлення з «Інженерної та комп'ютерної графіки».
- **Постреквізити (Наступні дисципліни):** Засвоєні знання з теорії кристалізації, фазових перетворень та термічної обробки є абсолютною, безальтернативною базою для подальшого вивчення ключових інженерних дисциплін фахового циклу: «Зварні конструкції», «Технологія та устаткування зварювання плавленням», «Технологія та устаткування

зварювання тиском», «Технічна механіка», а також для успішного виконання курсових і дипломних проєктів.

Освітній процес з дисципліни концептуально поділяється на чотири магістральні змістові етапи (модулі):

- **Етап 1 (Змістовий модуль 1): Основи матеріалознавства та кристалічна будова металів.** Охоплює вивчення ідеальної та реальної кристалічної будови металів, дефектів ґраток, процесів первинної та вторинної кристалізації. Формується розуміння природи механічних та технологічних властивостей матеріалів.
- **Етап 2 (Змістовий модуль 2): Залізовуглецеві сплави. Діаграма стану Fe-C.** Сфокусований на глибокому аналізі фазових рівноваг. Досліджуються структурні складові (ферит, аустеніт, цементит, перліт, ледебурит), класифікація та маркування вуглецевих і легованих сталей, а також чавунів згідно з актуальними ДСТУ та європейськими нормами EN.
- **Етап 3 (Змістовий модуль 3): Термічна та хіміко-термічна обробка металів і сплавів.** Присвячений технологічним методам зміни властивостей металів. Охоплює кінетику перетворення аустеніту, призначення режимів відпалу, нормалізації, гартування та відпуску, а також процеси дифузійного насичення поверхні (цементация, азотування, ціанування).
- **Етап 4 (Змістовий модуль 4): Зварюваність матеріалів та термічна обробка зварних з'єднань.** Інтегрований блок, що пов'язує матеріалознавство безпосередньо зі зварювальним виробництвом. Вивчається тепловий вплив зварювальної дуги, формування зони термічного впливу (ЗТВ), оцінка зварюваності (розрахунок еквівалента вуглецю) та призначення режимів термічної обробки для запобігання утворенню холодних/гарячих тріщин і зняття залишкових напружень.

3.4. Кваліфікаційні вимоги до слухачів, які пройшли підготовку з дисципліни (Компетентнісний профіль)

Після успішного засвоєння повного курсу та складання підсумкових контрольних заходів, слухач трансформується у фахівця з чітко вираженим інженерно-технологічним світоглядом, готового до розв'язання прикладних задач зварювального виробництва та матеріалознавства, демонструючи сформованість наступних складових:

Слухач повинен ЗНАТИ (Когнітивний та епістемологічний домен):

- Фундаментальні основи ідеальної та реальної кристалічної будови металів, механізми кристалізації та вплив дефектів кристалічної ґратки на фізико-механічні властивості матеріалів.
- Теорію сплавів, фазові рівноваги та структурні перетворення, зокрема деталізовану діаграму стану залізо-вуглець (Fe-C) та її практичне значення.
- Сучасну класифікацію та маркування вуглецевих, конструкційних, легованих сталей, чавунів і кольорових сплавів згідно з вітчизняними (ДСТУ, ГОСТ) та європейськими (EN) стандартами.
- Сутність, види та технологічне призначення термічної (відпал, нормалізація, гартування, відпуск) і хіміко-термічної обробки металів.
- Основи зварюваності матеріалів, металургійні процеси в зварювальній ванні, причини утворення холодних і гарячих тріщин, а також закономірності формування структур у зоні термічного впливу (ЗТВ).

Слухач повинен ВМІТИ (Праксеологічний домен та навички моделювання):

- Раціонально та науково обґрунтовано обирати основні та зварювальні матеріали для виготовлення зварних конструкцій з урахуванням реальних умов їх експлуатації.
- Проводити розрахунок еквівалента вуглецю для попередньої аналітичної оцінки зварюваності сталей та ймовірності утворення гартівних структур.
- Самостійно проєктувати та призначати оптимальні режими попереднього або супутнього підігріву, а також післязварювальної термічної обробки (високого відпуску) для зняття залишкових напружень.
- Вільно користуватися нормативною, довідковою літературою та електронними марочниками сталей для визначення експлуатаційних характеристик матеріалів.

Слухач повинен ВОЛЮДІТИ (Домен автономії, відповідальності та інтеграції):

- Методологічним інструментарієм для самостійного аналізу причин передчасного руйнування зварних з'єднань (втома, крихке руйнування, корозія) на основі розуміння структурних змін матеріалу.
- Культурою технічної безпеки: здатністю критично оцінювати вплив зварювального термічного циклу на деградацію властивостей металу як ключовий фактор ризику аварій і руйнувань металоконструкцій.
- Професійною інженерною етикою та високою відповідальністю за прийняті технологічні рішення щодо вибору матеріалів і режимів їх термообробки, усвідомлюючи прямий безкомпромісний зв'язок між якістю матеріалу, надійністю зварного шва та безпекою життєдіяльності.

4. КОМПЕТЕНТНОСТІ ТА ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Методологічне обґрунтування компетентнісного підходу: Вивчення нормативної (обов'язкової) навчальної дисципліни «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» фундаментально спирається на сучасну парадигму компетентнісно-орієнтованої освіти. Відповідно до концептуальної матриці Освітньо-професійної програми «Зварювальне виробництво» (спеціальність 131 «Прикладна механіка»), ця дисципліна виступає критичним чинником у формуванні професійної спроможності майбутнього фахівця.

Специфіка курсу полягає в інтеграції глибоких теоретичних знань про природу матеріалів із реальними умовами експлуатації зварних конструкцій та обладнання на сучасних машинобудівних підприємствах. Успішне засвоєння цього компонента є безальтернативною передумовою для здатності гарантувати надійність, довговічність та безпечну експлуатацію технологічних комплексів, що особливо актуально в контексті відбудови промислової інфраструктури. Набуті компетентності закладають міцну базу для успішної інтеграції здобувачів освіти у програми дуального навчання на базі провідних промислових партнерів та адаптації до роботи з новітніми зварювальними матеріалами і технологіями.

4.1. Загальні та спеціальні компетентності (ЗК та СК)

Згідно з Матрицею відповідності компетентностей випускника компонентам освітньо-професійної програми, вивчення дисципліни «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» забезпечує цілеспрямоване формування наступних компетентностей:

Загальні компетентності (ЗК):

- **ЗК 7. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.** *(Реалізація в межах дисципліни):* Перенесення фундаментальних знань з теорії кристалізації, діаграм стану сплавів та кінетики фазових перетворень у площину розв'язання реальних інженерних завдань — від вибору матеріалу до проєктування режимів його зміцнення.
- **ЗК 8. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.** *(Реалізація в межах дисципліни):* Усвідомлення нерозривного взаємозв'язку між внутрішньою будовою металів, їхніми фізико-механічними властивостями та технологічними процесами зварювального виробництва (вплив зварювального термічного циклу на деградацію або зміну структури).

Спеціальні (фахові) компетентності (СК):

СК1. Здатність до аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

СК 2. Здатність обирати оптимальні параметри працездатності матеріалів, конструкцій, інструментів і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів. *(Реалізація в межах дисципліни):* Формування навичок оцінки зварюваності сталей (через розрахунок еквівалента вуглецю), прогнозування структурних змін у зоні термічного впливу (ЗТВ) та запобігання утворенню гартівних структур і тріщин під час зварювання.

- СК 8. Здатність використовувати нормативні та довідникові матеріали, стандартні методики, конструкторську і технологічну документацію. *(Реалізація в межах дисципліни):* Впевнена робота з марочниками сталей і сплавів, розшифрування маркування матеріалів згідно з

актуальними національними (ДСТУ) та європейськими (EN) стандартами, підбір матеріалів-замінників.

- СК 14. Здатність розраховувати та призначати оптимальні режими виготовлення конструкцій та обирати відповідні матеріали для забезпечення їх якості та технологічності. *(Реалізація в межах дисципліни)*: Головна технологічна компетентність курсу; здатність проектувати температурно-часові графіки різних видів термічної обробки (відпал, нормалізація, гартування, відпуск), а також призначати попередній/супутній підігрів і післязварювальний відпуск для зварних металоконструкцій.

4.2. Програмні результати навчання (РН)

Відповідно до Матриці відповідності результатів навчання освітнім компонентам, після всебічного теоретичного та практичного засвоєння курсу, слухач досягає наступних результатів:

- РН 3. Застосовувати нормативні та довідкові дані для контролю відповідності технічної документації, виробів і технологій стандартам, технічним умовам та іншим нормативним документам.
 - *Індикатори досягнення*: Безпомилкова ідентифікація марок вуглецевих, конструкційних, інструментальних, легованих сталей, чавунів та кольорових сплавів за їх буквено-цифровим маркуванням. Коректне використання довідкової літератури для визначення хімічного складу, механічних властивостей (границі плинності, міцності, твердості) та призначення обраних матеріалів.
- РН 12. Обирати оптимальні режими виготовлення конструкцій, матеріали для забезпечення технологічності та якості виробів у галузі прикладної механіки.
 - *Індикатори досягнення*: Науково обґрунтований комплексний вибір основного металу та відповідних зварювальних матеріалів (електродів, дротів) для конструкцій, що працюють у заданих умовах експлуатації (динамічні навантаження, низькі температури, агресивні середовища). Призначення технологічно правильних режимів термічної обробки зварних з'єднань для зняття залишкових макронапружень та стабілізації структури металу шва.

4.3. Інтегрована матриця відповідності програмних результатів навчання (РН) та компетентностей

(Для освітнього компонента «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» у межах ОПП «Зварювальне виробництво»)

Ця матриця візуалізує строгий системний зв'язок між задекларованими результатами навчання та відповідними загальними й спеціальними компетентностями, що послідовно формуються під час аудиторної (лекційної, практичної, лабораторної) та самостійної роботи слухачів.

Програмні результати навчання (РН)	ЗК 7	ЗК 8	СК1 2	СК 8	СК 14
РН 3. Застосовувати нормативні та довідкові дані для контролю відповідності технічної документації, виробів і технологій стандартам...	+		+	+	
РН 12. Обирати оптимальні режими виготовлення конструкцій, матеріали для забезпечення технологічності та якості виробів...				+	+

(Примітка: Знак «+» означає, що відповідна компетентність цілеспрямовано і повноцінно формується за рахунок даного освітнього компонента для забезпечення досягнення вказаного програмного результату навчання згідно зі Стандартом фахової передвищої освіти та ОПП)

5. НАВЧАЛЬНИЙ ПЛАН КУРСУ ТА РОЗПОДІЛ ЧАСУ

Методологічне обґрунтування структури навчального плану: Навчальна програма нормативної (обов'язкової) дисципліни «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» розроблена за модульним принципом із суворим дотриманням сучасних підходів кредитно-модульної системи організації освітнього процесу, що повністю відповідає європейським стандартам (ЕНЕА) та вимогам вітчизняної системи фахової передвищої освіти.

Архітектура курсу забезпечує комплексний розвиток інженерно-технологічного мислення завдяки ретельно вивіреному та збалансованому розподілу академічного навантаження. Оптимальне співвідношення лекційного концептуального матеріалу, прикладних розрахункових практичних занять, експериментального лабораторного тренінгу, контрольних заходів та автономної самостійної дослідницької роботи гарантує глибоке засвоєння компетентностей.

Згідно зі структурно-логічною схемою освітньо-професійної програми «Зварювальне виробництво» (спеціальність G9 / 131 «Прикладна механіка»), вивчення дисципліни відбувається інтенсивним фундаментоутворюючим блоком протягом **2-го семестру (I курс навчання)**. Загальний обсяг дисципліни становить **6 кредитів ЄКТС (180 годин)**. Інтенсивність викладання становить **6 академічних годин на тиждень**, що створює необхідні умови для системного і глибокого занурення в предмет без втрати когнітивної динаміки. Повний курс завершується складанням підсумкового **екзамену**.

5.1. Зведений розрахунок навчального часу

Загальний обсяг дисципліни жорстко регламентований і становить 180 академічних годин. Аудиторна (контактна) робота становить 60,00% від загального обсягу курсу, що зумовлено високою складністю матеріалу (зокрема, теорії фазових перетворень та кристалографії) і необхідністю безпосереднього контролю викладача за формуванням навичок розв'язання технологічних задач.

Вид навчальної та аналітичної роботи	Кількість годин	% від загального обсягу
УСЬОГО ЗА КУРСОМ (6 кредитів ЄКТС)	180	100%
Аудиторні заняття (Контактна робота, всього)	108	60,00%
з них: Лекційні заняття (30 пар)	60	33,33%
з них: Практичні заняття (20 пар)	48	26,67%
Проходження контрольних заходів (15 пар)	30	16,67%
Самостійна робота здобувача (СРС)	42	23,33%
Форма підсумкового контролю:	2 семестр — ЕКЗАМЕН	

5.2. Деталізований розподіл годин за модулями та темами (Структурно-логічний план) СЕМЕСТР 2. (Форма контролю: Екзамен)

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА КРИСТАЛІЧНА БУДОВА МЕТАЛІВ

(Загальний обсяг модуля: 43 години. Лекції — 14 год; Практичні — 12 год; Контрольні заходи — 7 год; СРС — 10 год)

№ з/п	Тематика аудиторних занять (Лекції, Практичні) та Самостійної роботи (СРС)	Обсяг
1.1	Лекція 1. Вступ. Атомно-кристалічна будова металів. Типи кристалічних ґраток.	2 год
1.2	Лекція 2. Дефекти кристалічної будови (точкові, лінійні,	2 год

№ з/п	Тематика аудиторних занять (Лекції, Практичні) та Самостійної роботи (СРС)	Обсяг
	поверхневі). Явище анізотропії.	
1.3	Лекція 3. Процес кристалізації металів. Термодинамічні умови та енергетичні бар'єри.	2 год
1.4	Лекція 4. Механізм утворення центрів кристалізації та росту кристалів. Модифікування структури.	2 год
1.5	Практичне заняття 1. Визначення індексів Міллера для кристалографічних площин і напрямків.	4 год
1.6	Практичне заняття 2. Розрахунок параметрів кристалічних ґраток та атомної щільності.	2 год
1.7	Лекція 5. Фізико-механічні та технологічні властивості металів. Природа міцності.	2 год
1.8	Лекція 6. Пружна та пластична деформація. Явища наклепу, звороту та рекристалізації.	2 год
1.9	Практичне заняття 3. Побудова та аналіз первинних діаграм деформування пластичних і крихких матеріалів.	2 год
1.10	Практичне заняття 4. Розв'язання прикладних задач з оцінки механічних властивостей (границі плинності, міцності).	2 год
1.11	Практичне заняття 5. Аналіз та конвертація значень твердості за шкалами Брінелля (HB), Роквелла (HRC) та Віккерса (HV).	2 год
1.12	Лекція 7. Основи теорії сплавів. Тверді розчини, хімічні сполуки, механічні суміші. Правило фаз Гіббса.	2 год
1.13	Контрольні заходи. Модульний контроль №1. Захист практичних і лабораторних робіт.	7 год
СРС 1	<i>Самостійна робота:</i> Опрацювання ДСТУ щодо методів механічних випробувань. Підготовка звітів.	10 год

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВІ СПЛАВИ. ДІАГРАМА СТАНУ Fe-C
(Загальний обсяг модуля: 45 годин. Лекції — 16 год; Практичні — 12 год; Контрольні заходи — 7 год; СРС — 10 год)

№ з/п	Тематика аудиторних занять (Лекції, Практичні) та Самостійної роботи (СРС)	Обсяг
2.1	Лекція 8. Алотропія заліза. Компоненти, фази та структурні складові системи Fe-C.	2 год
2.2	Лекція 9. Характеристика фериту, аустеніту, цементиту, перліту та ледебуриту.	2 год

№ з/п	Тематика аудиторних занять (Лекції, Практичні) та Самостійної роботи (СРС)	Обсяг
2.3	Лекція 10. Побудова діаграми стану залізо-вуглець. Аналіз ліній та критичних точок.	2 год
2.4	Лекція 11. Первинна та вторинна кристалізація вуглецевих сталей і білих чавунів.	2 год
2.5	Практичне заняття 6. Розрахунок фазового складу сплавів за діаграмою Fe-C.	4 год
2.6	Практичне заняття 7. Застосування правила відрізків для визначення масової частки фаз.	2 год
2.7	Практичне заняття 8. Побудова кривих охолодження для заданих залізовуглецевих сплавів.	2 год
2.8	Лекція 12. Вуглецеві сталі: класифікація та маркування за вітчизняними (ДСТУ) та європейськими (EN) стандартами.	2 год
2.9	Лекція 13. Вплив вуглецю та постійних домішок (S, P, Si, Mn) на властивості сталей.	2 год
2.10	Практичне заняття 9. Робота з марочниками. Розшифрування марок конструкційних та інструментальних сталей.	2 год
2.11	Лекція 14. Чавуни (білі, сірі, високоміцні, ковкі): особливості структури, властивості, маркування.	2 год
2.12	Лекція 15. Леговані сталі: класифікація та фізичний вплив основних легуючих елементів.	2 год
2.13	Практичне заняття 10. Підбір легованих і спеціальних сталей за заданими експлуатаційними характеристиками.	2 год
2.14	Контрольні заходи. Модульний контроль №2. Інженерний кейс із читання діаграми стану Fe-C.	7 год
СРС 2	<i>Самостійна робота:</i> Виконання РГР №1: «Аналіз фазового складу та розшифрування марок легованих сталей».	10 год

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ТЕРМІЧНА ТА ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

(Загальний обсяг модуля: 47 годин. Лекції — 16 год; Практичні — 12 год; Контрольні заходи — 8 год; СРС — 11 год)

№ з/п	Тематика аудиторних занять (Лекції, Практичні) та Самостійної роботи (СРС)	Обсяг
3.1	Лекція 16. Сутність термічної обробки. Фазові перетворення в сталях при нагріванні.	2 год

№ з/п	Тематика аудиторних занять (Лекції, Практичні) та Самостійної роботи (СРС)	Обсяг
3.2	Лекція 17. Кінетика ізотермічного перетворення аустеніту. Аналіз С-подібних діаграм.	2 год
3.3	Лекція 18. Перетворення аустеніту при безперервному охолодженні. Критична швидкість гартування.	2 год
3.4	Лекція 19. Мартенситне та бейнітне перетворення. Утворення гартівних структур.	2 год
3.5	Практичне заняття 11. Побудова температурно-часових графіків термічної обробки.	4 год
3.6	Практичне заняття 12. Аналітичне визначення критичної швидкості охолодження за С-подібними кривими.	2 год
3.7	Лекція 20. Технологія відпалу (повний, неповний, дифузійний) та нормалізації сталей.	2 год
3.8	Лекція 21. Технологія гартування сталей. Охолоджувальні середовища та прогартованість.	2 год
3.9	Лекція 22. Технологія відпуску сталі (низький, середній, високий). Термічне покращення.	2 год
3.10	Лекція 23. Основи хіміко-термічної обробки. Технології цементації та азотування деталей.	2 год
3.11	Практичне заняття 13. Проектування технологічного процесу термічної обробки для валів та осей.	2 год
3.12	Практичне заняття 14. Призначення режимів термообробки для пружинних та інструментальних сталей.	2 год
3.13	Практичне заняття 15. Розробка технологічних карт хіміко-термічної обробки для зубчастих коліс.	2 год
3.14	Контрольні заходи. Модульний контроль №3. Захист технологічних карт термічної обробки.	8 год
СРС 3	<i>Самостійна робота:</i> Виконання РГР №2: «Призначення режимів гартування і відпуску для забезпечення міцності».	11 год

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. ЗВАРЮВАНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

(Загальний обсяг модуля: 45 годин. Лекції — 14 год; Практичні — 12 год; Контрольні заходи — 8 год; СРС — 11 год)

№ з/п	Тематика аудиторних занять (Лекції, Практичні) та Самостійної роботи (СРС)	Обсяг
4.1	Лекція 24. Поняття про зварюваність металів. Технологічна класифікація сталей за зварюваністю.	2 год
4.2	Лекція 25. Металургійні процеси в зварювальній ванні. Первинна та вторинна кристалізація металу шва.	2 год
4.3	Практичне заняття 16. Аналітична оцінка зварюваності: розрахунок еквівалента вуглецю (Seq) за міжнародними формулами.	4 год
4.4	Практичне заняття 17. Аналіз впливу хімічного складу основного металу на схильність до утворення дефектів при зварюванні.	2 год
4.5	Лекція 26. Будова зони термічного впливу (ЗТВ) при зварюванні плавленням низьковуглецевих сталей.	2 год
4.6	Лекція 27. Особливості структури ЗТВ легованих сталей. Вплив зварювального термічного циклу на розмір зерна.	2 год
4.7	Лекція 28. Причини утворення холодних і гарячих тріщин при зварюванні. Вплив водню, сірки та фосфору.	2 год
4.8	Лекція 29. Технології запобігання тріщинам: попередній та супутній підігрів зварних з'єднань.	2 год
4.9	Практичне заняття 18. Розрахунок та вибір оптимальної температури попереднього підігріву для конструкційних сталей.	2 год
4.10	Практичне заняття 19. Призначення післязварювальної термічної обробки (високого відпуску) для зняття залишкових напружень.	2 год
4.11	Лекція 30. Кольорові метали та їх сплави (алюміній, титан, мідь). Специфіка теплового впливу при зварюванні.	2 год
4.12	Практичне заняття 20. Комплексний вибір зварювальних матеріалів (електродів) та режимів термообробки для легованих сталей.	2 год
4.13	Контрольні заходи. Модульний контроль №4. Підсумковий контроль (ЕКЗАМЕН) за курс навчання.	8 год
СРС 4	<i>Самостійна робота:</i> Виконання РГР №3: «Комплексний вибір матеріалів та термообробки для зварної конструкції».	11 год

5.3. Самостійна робота здобувачів фахової передвищої освіти (СРС)

Методологічне та епістемологічне обґрунтування організації СРС: Самостійна робота здобувачів фахової передвищої освіти, загальним детермінованим обсягом **42 академічні години**, є фундаментальною, системоутворюючою та невід'ємною магістральною складовою вивчення обов'язкової нормативної дисципліни «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань». У контексті підготовки висококваліфікованих інженерних кадрів за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» (ОПП «Зварювальне виробництво»), самостійна

робота виконує критично важливу функцію епістемологічного мосту між абстрактною теорією кристалографії та термодинаміки і прикладним металознавчим аналізом реальних зварних конструкцій.

Оволодіння інженерно-технологічним інструментарієм неможливе виключно через пасивне аудиторне прослуховування. Здобувач повинен пройти власний шлях когнітивних досліджень під час роботи з марочниками сталей, розв'язання задач із розрахунку фазового складу, побудови температурно-часових графіків термообробки та вибору оптимальних зварювальних матеріалів за чинними державними і міжнародними стандартами (ДСТУ, EN, ISO).

Інклюзивність та Trauma-Informed Approach (Педагогіка, обізнана з травмою):

Враховуючи інклюзивний характер освітньої екосистеми, наявність у групах слухачів-ветеранів, учасників бойових дій, дорослих осіб, що проходять перекваліфікацію, та здобувачів, які постраждали від наслідків війни, форми звітності за СРС є максимально адаптивними та гнучкими. Застосування принципів педагогіки, обізнаної з травмою, передбачає абсолютну відмову від жорсткої директивної педагогіки та стресових публічних захистів складних технологічних розрахунків. Здобувачам надається пріоритет у формуванні індивідуального цифрового портфоліо в системі управління навчанням (LMS Moodle або Google Classroom), асинхронній здачі розрахунково-графічних робіт (РГР) у вигляді структурованих PDF-звітів, а також проходженні тренувальних онлайн-тестів у комфортному для слухача темпі.

Навчальний матеріал для самостійного опрацювання чітко та логічно структурований за чотирма магістральними напрямками (модулями), що забезпечують системний професійний розвиток майбутнього фахівця зварювального виробництва.

Напрями самостійної роботи (Зміст завдання)	Години	Форма звітності та контролю
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА КРИСТАЛІЧНА БУДОВА МЕТАЛІВ	10	
1.1. Опрацювання нормативної бази щодо методів випробувань. Самостійне вивчення актуальних ДСТУ та міжнародних стандартів на методи визначення твердості (Брінелль, Роквелл, Віккерс) та випробування металів на розтяг і ударну в'язкість.	4	Опорний конспект + проходження тренувального тесту в LMS.
1.2. Аналіз мікроструктур та дефектів. Підготовка розширеного аналітичного звіту щодо впливу лінійних та поверхневих дефектів (дислокацій) на процеси пластичної деформації, наклепу та рекристалізації металів.	4	Індивідуальний цифровий звіт (pdf) у системі LMS. Асинхронна перевірка.
1.3. Підготовка до модульного контролю №1. Систематизація знань з кристалографії, індексів Міллера та термодинаміки кристалізації.	2	Самоконтроль та проходження симуляційного тесту.
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВІ СПЛАВИ. ДІАГРАМА СТАНУ Fe-C	10	
2.1. Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) №1: «Аналіз фазового складу	6	Структурована розрахунково-

Напрями самостійної роботи (Зміст завдання)	Години	Форма звітності та контролю
залізовуглецевого сплаву та розшифрування марок легованих сталей». Індивідуальне завдання: застосувати правило відрізків для заданої температури, визначити кількість і склад фаз, розшифрувати 5 марок сталей/чавунів за ДСТУ та EN.		пояснювальна записка в LMS із графічними побудовами ділянок діаграми Fe-C.
2.2. Самостійне опрацювання спеціальних сплавів. Дослідження впливу карбідоутворюючих та некарбідоутворюючих легуючих елементів на поліморфні перетворення в сталях.	2	Опорний конспект + розв'язання типових інженерних міні-задач.
2.3. Підготовка до модульного контролю №2. Консолідація теоретичного матеріалу щодо класифікації та маркування конструкційних і інструментальних матеріалів.	2	Тренувальне онлайн-тестування.
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ТЕРМІЧНА ТА ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ	11	
3.1. Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) №2: «Призначення та розрахунок режимів гартування і відпуску для забезпечення заданої міцності деталі». Слухач отримує креслення деталі (наприклад, вала чи шестерні) та умови її роботи. Необхідно: обрати марку сталі, побудувати температурно-часовий графік термообробки, обґрунтувати вибір охолоджувального середовища.	7	Цифровий звіт у системі LMS із побудованими в масштабі графіками режимів термообробки + асинхронне консультування з викладачем.
3.2. Сучасні технології поверхневого зміцнення. Опрацювання інноваційних методів хіміко-термічної обробки (іонно-плазмове азотування, вакуумна цементация, лазерне гартування).	2	Конспект + виконання аналітичної картки порівняння технологій (Task Card).
3.3. Підготовка до модульного контролю №3. Систематизація знань з кінетики розпаду аустеніту (C-подібні діаграми) та прогартуваності.	2	Самоконтроль.
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. ЗВАРЮВАНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ	11	
4.1. Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) №3: «Комплексний вибір матеріалів, електродів та призначення режимів	7	Розгорнутий цифровий звіт у LMS із посиланнями на

Напрями самостійної роботи (Зміст завдання)	Години	Форма звітності та контролю
термічної обробки для відповідальної зварної конструкції». Здобувач має розрахувати еквівалент вуглецю (SC_{eq}), оцінити схильність до холодних тріщин, підібрати марку зварювального дроту/електрода та обґрунтувати температуру попереднього підігріву і післязварювального відпуску.		довідникову базу та актуальні ДСТУ.
4.2. Аналіз дефектів зварних з'єднань. Самостійне вивчення металографічних методів контролю якості зварних швів. Ідентифікація мікротріщин, пор та неметалевих включень у ЗТВ.	2	Опорний конспект.
4.3. Підготовка до підсумкового Екзамену. Глобальна систематизація та консолідація теоретичного, металографічного і розрахункового матеріалу за весь 2-й семестр.	2	Проходження фінального симуляційного комп'ютерного тестування (Mock Exam).
РАЗОМ ГОДИН НА САМОСТІЙНУ РОБОТУ (СРС):	42	Оцінювання здійснюється за рубрикатором як вагома складова поточної успішності.

6. ПРОГРАМА КУРСУ

Навчальна програма нормативної обов'язкової дисципліни «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» побудована за модульним принципом і складається з чотирьох фундаментальних змістових модулів, які логічно та послідовно вивчаються протягом 2-го семестру першого курсу навчання.

Розроблена академічна архітектура курсу глибоко інтегрує теоретичні знання з кристалографії, фізики твердого тіла та теорії фазових перетворень із прикладними аспектами проєктування технологій зварювання. Це формує у майбутніх фахівців зі зварювального виробництва професійну здатність свідомо керувати процесами структуроутворення та гарантувати експлуатаційну надійність металоконструкцій під дією термічних і механічних навантажень.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА КРИСТАЛІЧНА БУДОВА МЕТАЛІВ. Епістемологічна спрямованість модуля: Формування розуміння атомно-молекулярної природи металів, механізмів їх кристалізації та фізичної природи міцності і пластичності.

Тема 1.1. Ідеальна та реальна кристалічна будова металів. Аморфні та кристалічні тіла. Типи кристалічних ґраток (об'ємноцентрована кубічна, гранецентрована кубічна, щільнопакована гексагональна) та їх базисні параметри. Явище анізотропії. Поліморфізм (алотропія) металів. Дефекти кристалічної будови: точкові (вакансії, міжвузлові атоми), лінійні (крайові та гвинтові дислокації), поверхневі. Вплив дефектів на міцність матеріалів.

Тема 1.2. Теорія кристалізації. Термодинамічні умови кристалізації. Енергетичні бар'єри та ступінь переохолодження. Механізм утворення центрів кристалізації та росту кристалів. Дендритна кристалізація. Модифікування структури металів. Макроструктура сталевих злитків.

Тема 1.3. Механічні властивості та пластична деформація. Пружна та пластична деформація. Механізми ковзання та двійникування. Наклеп (зміцнення) та його вплив на експлуатаційні характеристики. Процеси при нагріванні деформованого металу: зворот, первинна, збиральна та вторинна рекристалізація. Механізми руйнування металів (крихке, в'язке, втомне). Практичний та лабораторний комплекс: Визначення індексів Міллера для кристалографічних площин і напрямків. Розрахунок параметрів кристалічних ґраток. Побудова та аналіз первинних діаграм деформування пластичних і крихких матеріалів.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВІ СПЛАВИ. ДІАГРАМА СТАНУ Fe-C

Епістемологічна спрямованість модуля: Глибокий аналіз фазових рівноваг, класифікації та стандартизації найпоширеніших у зварювальному виробництві конструкційних матеріалів.

Тема 2.1. Основи теорії сплавів. Компоненти, фази, термодинамічні системи. Тверді розчини (втілення та заміщення), хімічні сполуки, механічні суміші. Правило фаз Гіббса. Побудова діаграм стану двокомпонентних систем. Правило відрізків.

Тема 2.2. Діаграма стану залізо-вуглець (Fe-C). Алотропія заліза та його взаємодія з вуглецем. Фази та структурні складові: ферит, аустеніт, цементит, перліт, ледебурит. Аналіз ліній, критичних точок та структурних перетворень на діаграмі стану. Первинна та вторинна кристалізація сталей і білих чавунів.

Тема 2.3. Вуглецеві та леговані сталі. Класифікація та маркування сталей за призначенням, структурою, якістю та ступенем розкислення згідно з чинними ДСТУ та європейськими нормами EN. Вплив вуглецю та постійних домішок (Mn, Si, S, P) на властивості сталей. Класифікація легованих сталей. Фізичний вплив легуючих елементів (Cr, Ni, Mo, V, W, Ti) на поліморфні перетворення та властивості.

Тема 2.4. Чавуни. Білі, сірі, високоміцні з кулястим графітом, ковкі чавуни. Особливості процесу графітизації. Структура, властивості, маркування та галузі застосування чавунів у машинобудуванні.

Практичний та лабораторний комплекс: Розрахунок фазового складу сплавів за діаграмою Fe-C за допомогою правила відрізків. Побудова кривих охолодження для заданих концентрацій вуглецю. Робота з електронними та паперовими марочниками. Розшифрування марок конструкційних, інструментальних та спеціальних сталей. Лабораторний мікроструктурний аналіз сталей і чавунів у рівноважному стані.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ТЕРМІЧНА ТА ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ. Епістемологічна спрямованість модуля: Засвоєння технологічних методів цілеспрямованої зміни структури та фізико-механічних властивостей матеріалів шляхом теплового впливу.

Тема 3.1. Теоретичні основи термічної обробки. Сутність термічної обробки. Фазові перетворення в сталях при нагріванні (утворення аустеніту). Кінетика ізотермічного перетворення аустеніту (аналіз C-подібних діаграм). Перетворення аустеніту при безперервному охолодженні. Механізм мартенситного та бейнітного перетворень. Утворення гартівних структур.

Тема 3.2. Технологія термічної обробки сталей. Відпал 1-го та 2-го роду (гомогенізаційний, рекристалізаційний, повний, неповний, ізотермічний). Нормалізація сталей. Гартування сталей: визначення оптимальних температур нагрівання, критична швидкість гартування. Охолоджувальні середовища та їх охолоджувальна здатність. Прогартованість та гартованість. Дефекти при гартуванні (деформації, тріщини, знеуглецювання).

Тема 3.3. Відпуск та хіміко-термічна обробка. Види відпуску: низький, середній, високий. Структурні зміни при відпуску мартенситу. Термічне покращення. Сутність та фізичні стадії хіміко-термічної обробки. Цементация, азотування, нітроцементация та ціанування. Дифузійна металізація.

Практичний та лабораторний комплекс: Побудова температурно-часових графіків термічної обробки. Аналітичне визначення критичної швидкості охолодження. Проектування технологічного процесу термічної обробки для валів, осей, пружин та зубчастих коліс. Лабораторне дослідження впливу температури гартування та середовища охолодження на кінцеву твердість і структуру вуглецевих сталей.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. ЗВАРЮВАНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕРМІЧНА ОБРОБКА

ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ Епістемологічна спрямованість модуля: Інтеграція металознавства безпосередньо зі зварювальним виробництвом; розуміння теплового впливу зварювальної дуги на деградацію або зміну властивостей металів.

Тема 4.1. Зварюваність металів і металургія зварювання. Поняття про технологічну та фізичну зварюваність. Аналітична оцінка зварюваності: розрахунок еквівалента вуглецю. Металургійні процеси у зварювальній ванні. Особливості первинної та вторинної кристалізації металу зварного шва. Хімічна макро- та мікронеоднорідність шва.

Тема 4.2. Зона термічного впливу (ЗТВ). Температурний розподіл та будова зони термічного впливу при зварюванні плавленням низьковуглецевих, низьколегованих та високолегованих (аустенітних, мартенситних) сталей. Вплив зварювального термічного циклу на розмір зерна та фазовий склад. Деградація властивостей на ділянці перегріву.

Тема 4.3. Дефектоутворення та термічна обробка зварних з'єднань. Термодеоформаційні процеси при зварюванні. Причини утворення холодних (уповільнених) і гарячих (кристалізаційних) тріщин. Шкідливий вплив дифузійного водню, ліквідації сірки та фосфору. Технології запобігання дефектам: вибір і розрахунок температури попереднього та супутнього підігріву. Післязварювальна термічна обробка (високий відпуск) для релаксації залишкових макронапружень та стабілізації структури.

Тема 4.4. Зварювання кольорових металів та сплавів. Особливості кристалічної структури та специфіка теплового впливу при зварюванні алюмінію, титану, міді та їх сплавів. Проблема утворення оксидних плівок та пор.

Практичний та лабораторний комплекс: Аналітичний розрахунок еквівалента вуглецю (C_{eq}) для різних марок сталей за міжнародними формулами. Розрахунок та вибір оптимальної температури попереднього підігріву конструкційних сталей. Комплексний вибір зварювальних матеріалів та режимів термообробки для відповідальних зварних конструкцій. Лабораторне макро- та мікроструктурне дослідження зварного з'єднання, вивчення ділянок ЗТВ та побудова епюри розподілу твердості поперек зварного шва.

7. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Методологічне обґрунтування інформаційного забезпечення: Висока якість фахової підготовки здобувачів освіти зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» (ОПП «Зварювальне виробництво») за фундаментальною нормативною дисципліною «Металознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» гарантується наявністю потужної, сучасної та диверсифікованої навчально-методичної бази. Забезпечення курсу розроблено з урахуванням європейських стандартів інженерної освіти (ESG), принципів студентоцентрованого навчання, а також імперативних вимог до абсолютної інклюзивності освітнього простору. Організація навчального процесу спирається на розгалужену систему методичної, нормативної та цифрової документації, що повністю відповідає Ліцензійним умовам провадження освітньої діяльності на рівні фахової передвищої освіти.

7.1. Навчально-методичний комплекс (НМК) дисципліни

Комплекс є основним дидактичним інструментом організації аудиторної, лабораторної та асинхронної самостійної роботи здобувачів. Він розроблений із застосуванням принципів педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Approach), що виключає жорстку директивність і сприяє психологічному комфорту:

- **Робоча програма та Силабус (Syllabus):** Документи, що регламентують зміст, обсяг, політику академічної доброчесності та критерії оцінювання курсу. Силабус додатково містить правила техніки безпеки при роботі з муфельними печами та лабораторним обладнанням, алгоритми академічної підтримки та адаптивні умови асинхронного відпрацювання матеріалу.
- **Опорні конспекти лекцій (Теоретичний базис):** Структуровані академічні тексти з глибокою візуалізацією кристалічних ґраток, мікроструктур, діаграм стану (зокрема Fe-C) та графіків термічної обробки. Акцент робиться на фізичному змісті структурних перетворень та їх впливі на зварюваність.
- **Методичні вказівки до виконання практичних робіт (Guidelines):** Деталізовані покрокові алгоритми розв'язання технологічних задач: розшифрування марок сталей за ДСТУ та EN,

розрахунок еквівалента вуглецю, проектування температурно-часових графіків відпалу, гартування та відпуску.

- **Методичні рекомендації до лабораторного практикуму:** Посібники з інструкціями щодо підготовки мікрошліфів, роботи з металографічними мікроскопами, експлуатації твердомірів (Брінелля, Роквелла, Віккерса), а також бланки протоколів та алгоритми статистичної обробки експериментальних даних.
- **Банк контрольно-вимірювальних матеріалів (Assessment Tools):** Рецензована база тестових завдань для системи управління навчанням (LMS), екзаменаційні білети з комплексними інженерно-металознавчими кейсами та строгі рубрики об'єктивного оцінювання.

7.2. Рекомендована література та нормативно-технічна документація

Перелік літератури базується на фундаментальних академічних виданнях матеріалознавчого та загальноінженерного профілю, які закладають базу для розуміння фізико-механічних властивостей матеріалів під навантаженням.

Базова (основна) література:

1. Шпачук В. П., Золотов М. С., Склярів В. О. Технічна механіка: Навчальний посібник. (Використовується як фундаментальний базис для розуміння пружних та пластичних деформацій металів, напруженого стану та розрахунків на міцність, що є критичним при аналізі механічних властивостей після термообробки).
2. Сивак Р. І., Деревенько І. А. Короткий курс теоретичної механіки. (Забезпечує розуміння статички та кінематики твердого тіла, необхідне для аналізу роботи деталей машин, для яких призначається хіміко-термічна обробка).
3. Огородніков В. А., Грушко О. В., Побережний М. І. Опір матеріалів. Розрахунково-графічні завдання з прикладами розрахунків. Частина 1. (Базове джерело для розуміння видів навантажень (розтяг, стиск, згин, кручення) та визначення механічних характеристик матеріалів, необхідних для проектування зварних конструкцій).
4. Огородніков В. А., Побережний М. І., Грушко О. В. Опір матеріалів. Частина 2. Лабораторний практикум. (Використовується як методична основа для проведення лабораторних випробувань металів на міцність, твердість та ударну в'язкість).
5. Гуляев А.П. Металознавство: Підручник. (Базовий профільний підручник з теорії кристалізації, діаграм стану та термічної обробки).
6. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство.

Нормативно-технічна документація (Стандарти):

- Актуальні державні стандарти (ДСТУ, ГОСТ) та європейські норми (EN) на класифікацію та маркування вуглецевих, легованих, інструментальних сталей, чавунів та кольорових сплавів.
- ДСТУ щодо методів механічних випробувань металів (вимірювання твердості, випробування на розтяг та ударний згин).
- Використання нормативної документації є обов'язковою умовою для виконання розрахунково-графічних робіт із підбору матеріалів для зварних конструкцій.

7.3. Цифрове, інформаційне та візуальне забезпечення (Digital & E-learning Support)

Специфіка матеріалознавства вимагає інтенсивного використання сучасних цифрових інструментів для візуалізації мікроструктур, фазових перетворень та кінетики кристалізації.

- **Системи управління навчанням (LMS):** Повноцінна інтеграція курсу в цифрові освітні платформи (Moodle, Google Classroom), що створює єдине хмарне середовище для адміністрування освітнього процесу. Платформа забезпечує безперебійне асинхронне навчання, що є критично важливим для здобувачів-ветеранів, дорослих осіб, які поєднують навчання з роботою, та тих, хто перебуває на реабілітації.
- **Інтерактивне візуальне моделювання:** Застосування мультимедійних аплетів, віртуальних лабораторій та симуляторів для демонстрації процесів росту кристалів, анімації перетворень на діаграмі Fe-C (утворення перліту, ледеburиту) та імітації роботи металографічного мікроскопа.
- **Електронні марочники сталей та сплавів:** Використання спеціалізованих баз даних для оперативного пошуку хімічного складу, механічних властивостей та режимів зварювання/термообробки вітчизняних і зарубіжних матеріалів.

7.4. Матеріально-технічне забезпечення та бази практик

Освітній процес супроводжується реалізацією праксеологічного підходу через залучення сучасного лабораторного обладнання та інтеграцію з реальним промисловим сектором.

- **Лабораторна база навчального закладу:** Спеціалізовані аудиторії, оснащені металографічними мікроскопами (для аналізу шліфів), муфельними печами (для проведення нагрівання зразків під гартування та відпуск), гартувальними ваннами, а також твердомірами (пресами Брінелля, Роквелла, Віккерса) та маятниковими копрами для фізичного моделювання процесів руйнування металів.
- **Індустріальне партнерство та дуальне середовище:** Валідація теоретичних знань щодо вибору матеріалів та закріплення навичок проєктування режимів термообробки забезпечується тісною інтеграцією з провідними машинобудівними та виробничими підприємствами регіону. До базових партнерів, чиї виробничі потужності та експлуатаційні кейси використовуються як практичне підґрунтя для курсу, належать ПП "Висотпромсервіс", ТОВ "Аксор індастрі", ТОВ "ДАЗ", ТОВ "Інтерпайп", ТОВ "НВП РІЧ" та ТОВ "Альтстрім". Це дозволяє слухачам безпосередньо застосовувати закони матеріалознавства до розв'язання реальних технологічних завдань сучасного зварювального виробництва та металообробки.

8. ВІДОМОСТІ ПРО ВИКЛАДАЦЬКИЙ СКЛАД (Вимоги до кадрового забезпечення)

Методологічне обґрунтування кадрової політики: Фундаментальна нормативна дисципліна «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» є концептуальним і технологічним ядром у підготовці фахівців за освітньо-професійною програмою «Зварювальне виробництво». Оскільки правильність вибору конструкційних матеріалів, розуміння фазових перетворень та безпомилкове призначення режимів термічної обробки безпосередньо корелюють із надійністю зварних конструкцій та безпекою промислових об'єктів, якість викладання цієї дисципліни гарантується жорсткими критеріями відбору педагогічних працівників.

Кадрове забезпечення освітнього процесу повністю відповідає вимогам Ліцензійних умов провадження освітньої діяльності на рівні фахової передвищої освіти, оновленим нормативно-правовим актам та європейським стандартам внутрішнього забезпечення якості (ESG). До викладання курсу залучаються виключно фахівці, які відповідають наступному комплексу кваліфікаційних, професійних та психолого-педагогічних вимог.

8.1. Освітній та кваліфікаційний ценз (Educational and Qualification Standards)

- **Базова академічна освіта:** Викладання дисципліни здійснюється фахівцями, які мають повну вищу освіту (освітній ступінь «Магістр» або освітньо-кваліфікаційний рівень «Спеціаліст») за профільним інженерним або природничо-науковим напрямом. Допускається наявність дипломів за спеціальностями: «Матеріалознавство», «Металургія», «Прикладна механіка», «Зварювальне виробництво» або суміжними галузями (за обов'язкової умови наявності підтвердженого інженерного, лабораторного чи виробничого досвіду).
- **Кваліфікаційна категорія:** До проведення лекційних, практичних та лабораторних занять допускаються викладачі, яким за результатами атестації присвоєно кваліфікаційну категорію не нижче ніж «спеціаліст першої категорії». Окремо заохочується залучення викладачів категорії «спеціаліст вищої категорії», викладачів-методистів або осіб з науковим ступенем у галузі технічних наук. Апробація та регулярний розгляд оновлених навчально-методичних матеріалів здійснюється відповідною методичною комісією закладу освіти.

8.2. Практичний, науково-дослідний та виробничий досвід (Practical and Analytical Experience)

- **Інженерно-виробнича експертиза:** Критично важливою є здатність викладача пов'язувати абстрактні фізико-хімічні моделі та діаграми стану сплавів з реальною поведінкою металів під час зварювального термічного циклу та подальшої експлуатації. Високо цінується наявність у викладача реального виробничого бекграунду (досвід роботи в металографічних лабораторіях, термічних цехах, відділах головного зварювальника або технолога), що дозволяє наповнити теоретичний курс живими промисловими кейсами.
- **Володіння нормативною базою:** Глибоке і постійно оновлюване знання чинних державних стандартів (ДСТУ, ГОСТ), європейських (EN) та міжнародних (ISO) норм на класифікацію,

маркування металопрокату, зварювальних матеріалів та методи проведення механічних і металографічних випробувань.

- **Досвід експериментальної роботи:** Викладач повинен досконало володіти навичками підготовки макро- та мікрошліфів, роботи з металографічними мікроскопами, твердомірами (Брінелля, Роквелла, Віккерса), муфельними печами та неухильно дотримуватися протоколів техніки безпеки під час роботи зі слухачами в лабораторії.

8.3. Цифрова та дидактична компетентність (Digital and Methodological Competence)

- **Інтеграція сучасних цифрових інструментів:** Викладач повинен демонструвати високий рівень цифрової грамотності, впроваджуючи спеціалізоване програмне забезпечення для моделювання фазових перетворень, електронні бази даних (марочники сталей) та цифрові мікроскопи з виведенням зображення мікроструктур на мультимедійні екрани.
- **Адміністрування електронного навчання (E-learning):** Бездоганне володіння системами управління навчанням (LMS Moodle, Google Classroom) для організації безперебійного змішаного (blended learning) та асинхронного навчання, що гарантує доступність і безбар'єрність освіти для всіх категорій здобувачів.

8.4. Психолого-педагогічні вимоги та інклюзивна етика (Trauma-Informed Approach & Andragogy)

Зважаючи на реалії сьогодення та глибоку соціально-демографічну диверсифікацію навчальних груп (наявність ветеранів, військовослужбовців, учасників бойових дій, членів їхніх сімей та осіб, які постраждали від наслідків війни), до педагогічного персоналу висуваються безкомпромісні вимоги щодо емоційного інтелекту та етичної взаємодії:

- **Принципи Андрагогіки:** Викладач зобов'язаний будувати освітній процес на засадах партнерської взаємодії, повністю відмовляючись від авторитарної директивної педагогіки. Життєвий, виробничий та бойовий досвід дорослих слухачів (наприклад, досвід експлуатації броньованих сталей чи ремонту техніки в польових умовах) інтегрується у процес обговорення властивостей матеріалів, підсилюючи їх практичну значущість та виказуючи глибоку повагу до здобувачів.
- **Педагогіка, обізнана з травмою (Trauma-Informed Care):** Дисципліна безпосередньо вивчає механізми руйнування металів, крихкість, втому матеріалів, утворення тріщин та наслідки аварій. Викладач зобов'язаний подавати цей контент виключно у суворому, інженерно-аналітичному ключі. Категорично забороняється використання емоційної драматизації реальних промислових чи військових катастроф (наприклад, руйнування мостів чи бронетехніки через крихкість металу при низьких температурах), надміру натуралістичних відеоматеріалів, які можуть стати психологічними тригерами для слухачів із травматичним досвідом або ПТСР. Педагогічний акцент завжди має зміщуватися на концепцію безпеки, правильного підбору матеріалів та технології термообробки для запобігання руйнуванням.
- **Модерація безпечного середовища:** Викладач створює атмосферу абсолютної психологічної безпеки, що передбачає емпатичне, гнучке управління дедлайнами для вразливих категорій слухачів, надання можливості асинхронних форм звітності та формування культури «Error Tolerance», де помилка в ідентифікації структури металу чи розрахунку еквівалента вуглецю сприймається як природний і необхідний крок до набуття професійної інженерної майстерності.

9. ФОРМИ ДОКУМЕНТІВ

Методологічне обґрунтування організації документообігу: Системний контроль, облік та безперервний моніторинг якості освітнього процесу з нормативної фундаментальної дисципліни «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» супроводжуються розгалуженою, строго регламентованою системою навчально-методичної та академічної звітної документації. Відповідно до вимог внутрішньої системи забезпечення якості освітньої діяльності закладу фахової передвищої освіти, ця документація покликана гарантувати абсолютну прозорість критеріїв оцінювання, стандартизацію академічних вимог, дотримання принципів академічної доброчесності та об'єктивну валідацію сформованості інженерно-технологічних компетентностей слухачів ОПП «Зварювальне виробництво».

Перелік обов'язкових та рекомендованих форм документів для супроводу курсу розроблено з урахуванням специфіки матеріалознавчого, розрахунково-аналітичного та експериментального спрямування дисципліни, а також принципів безбар'єрності:

1. Силабус навчальної дисципліни (Syllabus) Головний академічний орієнтир для здобувача освіти, що надається йому в електронному та/або роздрукованому вигляді на першому вступному занятті. Силабус виступає освітнім «контрактом» між викладачем та слухачем, деталізуючи маршрут вивчення металознавства та термообробки. Документ обов'язково містить:

- Детальний опис цілей, завдань та очікуваних програмних результатів навчання (зокрема РН 3, РН 12), сформульованих через компетентнісний підхід.
- Структурований тематичний план: 60 годин лекційних, 40 годин практичних та 8 годин лабораторних занять із зазначенням конкретних тем для самостійної роботи (СРС).
- Жорсткий графік (дедлайни) видачі та здачі трьох розрахунково-графічних робіт (РГР) та протоколів металографічних лабораторних випробувань.
- Політику курсу: суворі правила техніки безпеки під час роботи з високотемпературним лабораторним обладнанням (муфельні печі, гартувальні ванни), хімічними реактивами для травлення мікрошліфів та твердомірами; умови асинхронного відпрацювання матеріалу, правила інклюзивної комунікації.
- Політику академічної доброчесності: сувору регламентацію щодо недопущення фальсифікації результатів лабораторних досліджень структур чи твердості металів, заборону несанкціонованого генерування висновків до РГР за допомогою систем штучного інтелекту без реального інженерного опрацювання.
- Детальну шкалу та критерії нарахування балів за поточні та підсумкові види робіт для екзаменаційної сесії.

2. Журнал обліку навчальних занять (в електронній та/або паперовій формі) Базовий інваріантний документ формативного (поточного) контролю, який ведеться викладачем для систематичної фіксації освітнього поступу слухачів. Журнал забезпечує суворий облік:

- Відвідуваності аудиторних занять.
- Поточних балів за роботу на практичних та лабораторних заняттях (оцінюється здатність слухача розшифровувати марки сталей, розраховувати еквівалент вуглецю, будувати графіки термообробки та ідентифікувати мікроструктури).
- Результатів виконання завдань модульного контролю після завершення кожного з чотирьох змістових модулів. Електронний формат журналу (в системі LMS) гарантує прозорий та безперервний доступ слухачів до своїх поточних академічних результатів.

3. Індивідуальний навчальний план слухача (Individual Study Plan) Офіційний документ, що розробляється для осіб, які навчаються за гнучким графіком. Цей документ є критично важливим інструментом інклюзії та педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Approach). Він розробляється для інтеграції в освітній процес ветеранів, військовослужбовців, осіб, які проходять медичну чи психологічну реабілітацію, а також для дорослих здобувачів, що поєднують навчання з роботою. План містить:

- Адаптований та персонально узгоджений графік здачі розрахунково-графічних робіт (РГР) та протоколів матеріалознавчих лабораторних досліджень.
- Визначені альтернативні форми асинхронної звітності (наприклад, подання деталізованих письмових технологічних звітів із вибором режимів термообробки та матеріалів у вигляді сканованих копій або PDF-файлів через LMS Moodle/Google Classroom замість стресового очного захисту біля дошки).

4. Цифрове портфоліо лабораторних та розрахунково-графічних робіт Звітна навчальна документація слухача, що акумулює результати його практичної, експериментальної та аналітичної роботи протягом 2-го семестру. Портфоліо завантажується у хмарне середовище, підлягає ретельній перевірці викладачем і включає:

- Офіційні протоколи лабораторних робіт, що містять схеми випробувальних установок (твердомірів), фотографії або замальовки спостережуваних мікроструктур, таблиці емпіричних даних, криві охолодження та аналітичні висновки щодо зміни механічних властивостей матеріалів після термообробки.

- Три оформлені за стандартами розрахунково-графічні роботи (РГР): аналіз фазового складу за діаграмою Fe-C, проектування режимів гартування і відпуску, комплексний вибір матеріалів та термообробки для зварної конструкції.

5. Відомість обліку поточної та підсумкової успішності (Екзаменаційна відомість)

Документ суворой фінансово-академічної звітності, який підтверджує факт проходження слухачем курсу «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» та офіційно засвідчує рівень сформованості його фахових компетентностей. Відомість містить:

- Сумарну кількість балів, набраних за поточну навчальну діяльність (робота на практичних і лабораторних заняттях, успішний захист портфолію РГР, результати модульних контролів).
- Бали, здобуті безпосередньо під час складання підсумкового контролю (Екзамену).
- Підсумкову комплексну оцінку за 100-бальною шкалою з її обов'язковою конвертацією у національну шкалу оцінювання («Відмінно», «Добре», «Задовільно», «Незадовільно») та буквену шкалу ЄКТС (A, B, C, D, E, FX, F).

10. СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ТА КРИТЕРІЇ НАРАХУВАННЯ БАЛІВ

- **Методологічне обґрунтування системи оцінювання:** Оцінювання навчальних досягнень здобувачів фахової передвищої освіти з нормативної фундаментальної дисципліни «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» є багатовимірним, системним, прозорим та безперервним кваліметричним процесом. Відповідно до вимог освітньо-професійної програми «Зварювальне виробництво» та актуальних стандартів внутрішньої системи забезпечення якості освіти, оцінювання здійснюється за наскрізною 100-бальною накопичувальною шкалою.
- Специфіка матеріалознавства як точної інженерно-природничої науки вимагає абсолютної об'єктивності: правильність аналітичного розв'язку (наприклад, визначення фазового складу за діаграмою Fe-C, розрахунок еквівалента вуглецю чи призначення температур гартування) має чіткі, детерміновані критерії, регламентовані чинними ДСТУ та технологічними нормативами.
- Водночас, архітектура системи оцінювання розроблена з обов'язковою імплементацією принципів інклюзивності та педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Approach). Це гарантує зниження академічного стресу, створення психологічно безпечного середовища та надання рівних можливостей для демонстрації знань усім слухачам, зокрема ветеранам, військовослужбовцям, особам на етапі медичної чи соціально-психологічної реабілітації та дорослим здобувачам. Для цих категорій передбачено гнучкі дедлайни та можливість використання альтернативних (асинхронних цифрових) форм захисту розрахунково-графічних робіт і лабораторних протоколів.
- Оскільки курс інтенсивно вивчається протягом 2-го семестру 1-го курсу, система накопичення балів адаптована під відповідну форму підсумкового контролю — екзамен. Здобута 100-бальна оцінка підлягає обов'язковій конвертації у національну шкалу («Відмінно», «Добре», «Задовільно», «Незадовільно») та буквену шкалу ЄКТС.
- **10.1. Розподіл балів за видами навчальної діяльності**

Форма контролю	Види навчальної та аналітичної роботи	Макс. бал
СЕМЕСТР 2	Підсумковий контроль: ЕКЗАМЕН (Поточна успішність + Іспит)	100
Поточний контроль	Робота на практичних заняттях: Оцінюється здатність визначати фазовий склад, розшифровувати марки сталей, розраховувати еквівалент вуглецю, працювати з металографічним обладнанням та твердомірами.	30
Самостійна робота	Захист СРС (РГР №1, РГР №2, РГР №3): Оцінюється здатність до автономного інженерного аналізу діаграм стану, побудови графіків термообробки та вибору	20

Форма контролю	Види навчальної та аналітичної роботи	Макс. бал
	матеріалів для зварних конструкцій.	
Модульний контроль	Тестування та інженерні кейси (Модулі 1-4): Систематичні контрольні зрізи знань після завершення змістових блоків.	20
ЕКЗАМЕН	Комплексний екзаменаційний білет: Включає теоретичні питання (кристалізація, діаграма Fe-C, термообробка) та комплексний практичний кейс із вибору матеріалу та технології його термообробки.	30

- **10.2. РУБРИКАТОР (МАТРИЦЯ) ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СЛУХАЧІВ**
- Рубрикатор є стандартизованим інструментом, що регламентує надійність та прозорість оцінювання, максимально виключаючи суб'єктивний фактор викладача. Оцінюванню підлягає правильність технологічного алгоритму, точність ідентифікації мікроструктур, коректність побудови температурно-часових графіків, а також суворе дотримання правил безпеки в металографічній лабораторії.
- **10.2.1. Оцінювання роботи на практичних та лабораторних заняттях**

Рівень досягнення	Дескриптор (критерії досягнення інженерних результатів)
Максимальний бал (100%)	Слухач демонструє відмінні аналітичні та експериментальні навички. Самостійно та безпомилково працює з марочниками сталей, точно ідентифікує структури (перліт, мартенсит, бейніт) під мікроскопом. Протокол лабораторної роботи містить вичерпні аналітичні висновки та правильно оброблені емпіричні дані твердості.
Половинний бал (50-70%)	Завдання виконано в цілому правильно. Здобувач розуміє принцип маркування сталей або загальну логіку термообробки, проте наявні неточності в розрахунку еквівалента вуглецю чи визначенні частки фаз. Лабораторний протокол має незначні недоліки в оформленні або потребує додаткових пояснень фізичної суті явища.
0 балів	Абсолютне нерозуміння фізичної суті завдання. Неправильно ідентифіковано марку сталі, грубо порушено логіку діаграми стану Fe-C. Порушення правил безпеки під час роботи з лабораторним обладнанням (муфельними печами, реактивами) або відсутність протоколу.
Trauma-Informed підхід (Особлива умова)	Якщо публічний захист роботи або відповідь біля дошки викликає психологічний дискомфорт, відмова від публічного виступу не карається зниженням балів. Викладач забезпечує можливість перевірки розв'язку індивідуально в зошиті на робочому місці або перевіряє завантажену скан-копію протоколу через електронну систему (LMS Moodle/Google Classroom).

- **10.2.2. Оцінювання самостійної роботи слухача (Захист РГР)** Оцінюється здатність до автономного інженерного розрахунку та підбору матеріалів, знання кінетики фазових перетворень, а також дотримання державних стандартів оформлення документації.

Відсоток виконання	Критерії досягнення
90% - 100%	Бездоганне виконання всіх етапів РГР. Алгоритм вибору матеріалу та призначення режимів гартування/відпуску логічно обґрунтований. Правильно застосовані правила роботи з діаграмою Fe-C. Вибір зварювальних матеріалів точно відповідає ДСТУ. Робота оформлена еталонно.
75% - 89%	Добре розуміння матеріалу. Алгоритм в цілому вірний, проте допущені одиничні помилки (наприклад, неточно обрано охолоджувальне середовище для гартування легованої сталі або допущена похибка у графіку нагрівання).
60% - 74%	Базовий (пороговий) рівень. Знання фрагментарні. Матеріал обрано формально, без глибокого обґрунтування. Є суттєві помилки в оцінці зварюваності чи визначенні критичних точок (A_{c1} , A_{c3}), що призвело до неточних технологічних результатів.
0 балів (Менше 60%)	Робота не виконана, розв'язок принципово хибний або містить ознаки академічного плагіату. Робота підлягає анулюванню з вимогою перескладання за новим варіантом.

- **10.2.3. Оцінювання модульного контролю та Підсумкового Екзамену**
- Спрямоване на сумативне оцінювання теоретичних знань (кристалографія, діаграми стану, теорія термічної обробки) та здатності вирішувати комплексні практичні проблеми вибору матеріалів для зварних конструкцій.

Відсоток правильних відповідей	Рівень	Дескриптор досягнення програмних результатів навчання
90% - 100%	Високий (А)	Глибоке, системне знання теорії матеріалознавства. Швидке та точне розв'язання комплексних інженерних кейсів із підбору матеріалів та режимів їх термообробки. Вільне володіння фаховою термінологією та нормативною базою.
75% - 89%	Достатній (В, С)	Міцні знання теоретичного базису. Здатність розв'язувати типові технологічні задачі з незначними обчислювальними чи аналітичними похибками, які слухач здатен самостійно виявити та скоригувати під час перевірки.
60% - 74%	Середній (D, E)	Розуміння основних понять металознавства на пороговому рівні. Здатність виконувати лише найпростіші шаблонні завдання з розшифрування марок сталей. Відчуває труднощі при аналізі складних фазових перетворень або оцінці ЗТВ.

Відсоток правильних відповідей	Рівень	Дескриптор досягнення програмних результатів навчання
Менше 60%	Низький (FX, F)	Компетентності не сформовані. Слухач плутає фазові структури, не здатен користуватися марочниками сталей. Потребує обов'язкового повторного вивчення або перескладання з метою недопущення критичних прогалин перед вивченням спецдисциплін зварювального циклу.

• **10.3. ІНТЕГРОВАНА ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ (Національна та ЄКТС)**

Сума балів	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	Комплексний дескриптор рівня компетентності
90-100	A	Відмінно	Високий рівень (Excellent): Слухач демонструє видатні здібності до фізико-хімічного аналізу металів. Безпомилково ідентифікує структури, будує графіки термообробки, ідеально орієнтується в маркуванні сплавів за ДСТУ та EN. Повна готовність до вивчення зварних конструкцій та технології зварювання.
82-89	B	Добре	Достатній рівень (Very Good): Слухач має міцні, ґрунтовні знання. Правильно застосовує алгоритми термообробки та аналізує діаграми стану. Можливі одиничні некритичні похибки під час вибору охолоджувального середовища або розрахунку вуглецевого еквівалента.
74-81	C	Добре	Середній рівень (Good): Впевнено оперує базовими поняттями (здатен розшифрувати марку вуглецевої сталі, знайти критичні точки на діаграмі). Проте відчуває труднощі під час проектування складної хіміко-термічної обробки або аналізу гартівних структур у ЗТВ.
64-73	D	Задовільно	Задовільний рівень (Satisfactory): Володіння необхідним мінімальним обсягом теоретичних знань. Здатність розв'язувати лише найпростіші шаблонні задачі. Практичні задачі вирішуються репродуктивно (за конспектом), без глибокого розуміння фізичної суті фазових перетворень.
60-63	E	Задовільно	Мінімальний рівень (Sufficient): Критично низький, пороговий рівень

Сума балів	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	Комплексний дескриптор рівня компетентності
			допуску. Знання ледь відповідають вимогам програми. Слухач насилу формулює відмінності між відпалом і гартуванням. Допускаються серйозні концептуальні помилки.
35-59	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)	Низький рівень (Fail): Компетентності не сформовані. Слухач не орієнтується в діаграмі Fe-C, не здатен підібрати сталь для зварної конструкції. Потребує суттєвого доопрацювання матеріалу та обов'язкового повторного складання екзамену.
0-34	F	Незадовільно (з обов'язковим повторним вивченням)	Абсолютно незадовільний рівень (Fail): Повне ігнорування освітнього процесу. Систематичне невиконання самостійної роботи, відсутність РГР та лабораторних протоколів. Обов'язкове повторне вивчення навчальної дисципліни у повному обсязі

11. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Методологічне та епістемологічне обґрунтування вибору дидактичного інструментарію:

Навчальна дисципліна «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» є концептуальним ядром, що формує детермінований інженерно-технологічний та дослідницький світогляд майбутнього фахівця зі зварювального виробництва за спеціальністю 131 «Прикладна механіка». Враховуючи глибокий рівень абстракції, інтенсивне використання апарату фізичної хімії, термодинаміки, кристалографії та необхідність підтвердження теоретичних моделей реальними металографічними лабораторними випробуваннями, методологія курсу базується на синергії класичної інженерної дидактики та інноваційних студентоцентризованих технологій.

Пріоритетом є реалізація компетентнісного та діяльнісного підходів: трансформація слухача з пасивного реципієнта інформації в активного суб'єкта епістемологічного пошуку та технологічного проектування. Враховуючи соціальну специфіку аудиторії (наявність ветеранів, учасників бойових дій, осіб, які проходять соціально-психологічну реабілітацію), архітектура методів навчання суворо підпорядкована принципам педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Approach), що гарантує безбар'єрність, емпатичність та абсолютну психологічну безпеку освітнього простору.

11.1. Аналітико-дедуктивні та структурно-фазові методи (Analytical & Structural-Phase Modeling) Цей кластер методів є стрижневим для засвоєння теорії сплавів, кристалізації та фазових перетворень, забезпечуючи розвиток здатності до абстрактного та просторового мислення на мікро- і макрорівнях.

- **Метод наукової абстракції та ідеалізації:** Викладач навчає слухачів свідомо абстрагуватися від макроскопічних властивостей металів для аналізу їх ідеалізованої кристалічної ґратки. Вводяться фундаментальні моделі ідеальних кристалів для подальшого розуміння впливу дефектів (вакансій, дислокацій) на реальну міцність і пластичність.
- **Дедуктивно-номологічний метод:** Вивчення курсу здійснюється шляхом дедуктивного виводу від універсальних законів термодинаміки (правило фаз Гіббса) до аналізу конкретних ділянок діаграми стану Fe-C та проектування часткових інженерних випадків (вибір температури нагрівання під гартування для конкретної марки сталі).

- **Метод графічної формалізації фізичних процесів:** Слухачі тренуються трансформувати металургійні процеси у графічні моделі, будувати криві охолодження, ізотермічні діаграми розпаду аустеніту (С-подібні криві) та температурно-часові графіки режимів термічної обробки.

11.2. Проблемно-орієнтовані та праксеологічні методи (Engineering Problem-Based Learning) Формування спеціальних фахових компетентностей неможливе без безперервного інтенсивного розрахункового тренінгу та навчання через практику.

- **Алгоритмізація інженерної діяльності:** Впровадження жорстких покрокових евристичних алгоритмів (Guidelines). Наприклад, алгоритм вибору матеріалу безальтернативно включає: 1) аналіз умов експлуатації; 2) розрахунок еквівалента вуглецю ($\text{\$C}_{\text{\$}}$) для оцінки зварюваності; 3) вибір марки за ДСТУ/EN; 4) призначення режимів підігріву та післязварювальної термообробки для запобігання утворенню гартівних структур у ЗТВ.
- **Метод інженерних кейсів (Case Study):** Відмова від абстрактних завдань на користь реалістичних виробничих ситуацій. Слухачі аналізують причини утворення холодних/гарячих тріщин у зварних швах, підбирають матеріали-замінники за довідниками, розробляють технологічні карти хіміко-термічної обробки (цементації, азотування) для підвищення зносостійкості деталей.

11.3. Експериментально-дослідницькі та візуально-когнітивні технології (Experimental & Visually-Oriented Teaching) Методи спрямовані на подолання когнітивного переважання та емпіричне (практичне) підтвердження теоретичних викладок.

- **Лабораторно-експериментальний метод:** Безпосередня робота слухачів із металографічними мікроскопами, муфельними печами та твердомірами (Брінелля, Роквелла, Віккерса). Метод дозволяє тактильно та візуально спостерігати процеси зміни структури (утворення мартенситу, перліту), що формує глибоке фізичне розуміння процесів, які відбуваються у зоні термічного впливу при зварюванні.
- **Динамічна мультимедійна репрезентація (ІКТ):** Застосування інформаційно-комунікаційних технологій та інтерактивних аплетів для демонстрації просторової кристалізації, руху дислокацій, анімації поліморфних перетворень заліза. Це критично важливо для розвитку здатності аналізувати просторові структурні зміни на атомному рівні під термічним навантаженням.

11.4. Інклюзивний та Trauma-Informed підхід (Створення безпечної академічної екосистеми) Усвідомлюючи соціально-психологічний бекграунд слухачів, методична парадигма курсу адаптована для гарантування психоемоційної стабільності, безбар'єрності та поваги до особистості.

- **Андрагогічна валідація життєвого досвіду:** Інтеграція практичного, виробничого та бойового досвіду дорослих слухачів та ветеранів у дидактичний процес. Розуміння властивостей броньованих сталей, ремонту техніки в польових умовах, термічної втоми чи поведінки металоконструкцій в екстремальних умовах застосовується як емпірична база для пояснення теорії легування та термообробки.
- **Модерація тригерного контенту (Екологічність викладання):** Дисципліна «Матеріалознавство» безпосередньо вивчає крихке руйнування, втому матеріалів, утворення мікротріщин та аварійні стани. Викладач зобов'язаний розкривати ці теми виключно через сухий, детермінований фізико-хімічний аналіз, категорично уникаючи емоційної драматизації, аудіовізуальних ефектів або натуралістичних ілюстрацій реальних техногенних чи військових катастроф (наприклад, розривів газопроводів чи броні), що можуть виступати каталізаторами ПТСР. Дидактичний акцент завжди зміщується на превентивні технології, правильний вибір сталей та запобігання руйнуванням.
- **Адаптивна та диверсифікована валідація знань:** Нівелювання академічного стресу через варіативність форм звітності. Замість обов'язкового публічного захисту розрахунків чи мікроструктурного аналізу біля дошки, слухачам надається право індивідуального захисту «один на один», подання розгорнутих аналітичних звітів у цифровому форматі через LMS (Moodle / Google Classroom) або проходження асинхронного комп'ютерного тестування.

12. ПОЛІТИКА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (АКАДЕМІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ)

Методологічне обґрунтування інституційної політики: Політика вивчення фундаментальної нормативної дисципліни «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» є інваріантною та невід'ємною складовою внутрішньої системи забезпечення якості освітньої діяльності закладу фахової передвищої освіти. Вона формує не просто звід адміністративних правил, а єдиний епістемологічний та етичний простір, що моделює корпоративну культуру сучасних металургійних, інжинірингових та виробничих компаній машинобудівної та зварювальної галузей.

Враховуючи критичну відповідальність інженера за правильний вибір матеріалів і режимів термічної обробки (помилка в яких призводить до крихкого руйнування, утворення тріщин та аварій), а також глибоку соціально-демографічну диверсифікацію навчальних груп (наявність дорослих слухачів, осіб, які проходять перекваліфікацію, ветеранів, військовослужбовців та осіб, які постраждали від наслідків війни), політика курсу ґрунтується на парадигмі студентоцентрованого навчання, безкомпромісній академічній доброчесності та принципах інклюзивності. Усі учасники освітнього процесу беруть на себе консолідовану відповідальність за неухильне дотримання цих положень.

12.1. Політика академічної доброчесності (Academic Integrity Policy) Забезпечення дотримання академічної доброчесності є фундаментальною вимогою під час підготовки фахівців зі спеціальності 131 «Прикладна механіка». Оскільки помилки або фальсифікації у виборі марок сталей, розрахунку еквівалента вуглецю чи температурних режимів гартування безпосередньо призводять до реальних руйнувань металоконструкцій, будь-які прояви академічної недоброчесності суворо переслідуються:

- **Імператив абсолютної самостійності:** Слухачі зобов'язані виключно самостійно виконувати розрахунково-графічні роботи (РГР) за своїм унікальним варіантом та оформлювати протоколи металографічних випробувань на основі реально отриманих експериментальних даних. Копіювання чужих графіків термообробки, фотографій мікроструктур чи фабрикація емпіричних даних твердості класифікується як грубий академічний плагіат.
- **Регламентация використання штучного інтелекту (AI Tools) та баз даних:** Інтеграція сучасних технологій (електронних марочників, баз ДСТУ/EN) вітається, але жорстко регламентується. Використання систем генеративного штучного інтелекту дозволяється виключно як допоміжного інструменту для пошуку довідкової інформації або первинної верифікації властивостей. Використання ШІ для повної генерації фінального звіту до РГР без самостійного розуміння фізико-хімічної суті процесів суворо заборонено.
- **Санкції за порушення:** У разі виявлення факту плагіату або фабрикації даних робота анулюється (слухач отримує 0 балів) з обов'язковою вимогою перескладання завдання за новим індивідуальним варіантом.

12.2. Trauma-Informed підхід та психологічна безпека (Trauma-Informed Approach)

Враховуючи наявність в аудиторіях слухачів із різним життєвим та бойовим досвідом, викладання дисципліни здійснюється з обов'язковим та беззаперечним дотриманням принципів педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Care).

- **Правило «Екологічності контенту» (Стоп-сигнал):** Вивчення матеріалознавства неминує супроводжується аналізом крихкого та втомного руйнування металів, утворення тріщин, розривів зварних швів під тиском. Якщо візуальний чи текстовий аналіз інженерних катастроф (наприклад, аварій магістральних трубопроводів чи руйнування броні) викликає у слухача психологічний дискомфорт, тригерну реакцію або флешбеки, він має беззаперечне право зупинити обговорення або тимчасово покинути лекційну/лабораторну аудиторію. Це не потребує жодних пояснень і не впливає на успішність.
- **Адаптивність форм контролю та зниження стресу:** Якщо традиційний публічний захист РГР або протоколу біля дошки викликає надмірний екзаменаційний стрес, викладач зобов'язаний забезпечити можливість альтернативної звітності. Це може бути письмовий захист «один на один» або подання аналітичного звіту в електронному вигляді через систему LMS (Moodle / Google Classroom).
- **Толерантність до помилок (Error Tolerance Culture):** Формується академічна культура, де помилка в ідентифікації фазової структури (наприклад, перліту чи ледебуриту) або невірно

обрана температура відпуску в навчальній задачі розглядається не як привід для зниження самооцінки, а як нормальний і необхідний етап дослідницького інженерного пошуку.

12.3. Етика комунікації та інклюзивність (Communication Ethics and Inclusivity) Освітнє середовище на заняттях базується на принципах абсолютної рівності, колегіальності та взаємоповаги.

- **Андрагогічна валідація практичного досвіду:** Викладач ставиться з глибокою повагою до виробничого, життєвого та бойового досвіду дорослих слухачів. Залучення емпіричного досвіду ветеранів до обговорення характеристик броньованих сталей, ремонту деталей машин у польових умовах, надійності техніки при низьких температурах всебічно заохочується і стає органічною частиною технічної дискусії.
- **Культура академічного діалогу:** Будь-які дискусії щодо вибору раціонального матеріалу, методів зварювання чи режимів термообробки повинні вестися аргументовано, з використанням професійної термінології та посиланнями на стандарти (ДСТУ). Прояви дискримінації, ейджизму, зверхності чи знецінювання знань колег по групі є категорично неприпустимими.

12.4. Політика щодо відвідування та асинхронного навчання (Attendance and Asynchronous Learning Policy) Присутність на заняттях (особливо на лабораторних, де відбувається робота з високотемпературними муфельними печами, травильними реактивами, мікроскопами та твердомірами) є критично важливою. Проте політика курсу є максимально адаптивною:

- **Відпрацювання практичних і лабораторних занять:** Пропуск вимагає обов'язкового відпрацювання. Слухач повинен самостійно проаналізувати мікроструктури, опрацювати результати експерименту (за емпіричними даними, наданими викладачем у LMS) та захистити роботу під час консультацій.
- **Компенсація лекційного матеріалу:** Усі опорні конспекти, презентації, відеозаписи металографічних досліджень та інтерактивні діаграми стану розміщені в електронній системі LMS для зручного асинхронного доступу.
- **Поважні причини та форс-мажори:** Пропуски занять, зумовлені виконанням військового обов'язку, перебуванням на бойових чергуваннях, медичним лікуванням, проходженням фізичної/психологічної реабілітації, а також через оголошення повітряних тривог або відключення електроенергії, вважаються абсолютно поважними. Вони не тягнуть за собою штрафних санкцій, а слухачу надається максимальне методичне сприяння у надолуженні матеріалу в асинхронному режимі.

12.5. Політика дедлайнів та перескладання (Deadline and Retake Policy) Для забезпечення ефективного тайм-менеджменту впроваджено наступні алгоритми:

- **Дедлайни:** Завдання для самостійної роботи (СРС) та РГР здаються за чітко встановленим у Силабусі графіком.
- **Пролонгація термінів (Гнучкість):** Для слухачів, які перебувають у кризових життєвих ситуаціях, проходять медичну комісію або лікування, терміни подачі аналітичних звітів, розрахункових робіт та лабораторних протоколів пролонгуються в індивідуальному порядку без втрати рейтингових балів.
- **Право на перескладання:** Слухач має безумовне право на перескладання будь-якого модульного комп'ютерного тестування (одна спроба для кожного модуля) для підвищення свого рейтингового бала у спеціально відведений час до початку екзаменаційної сесії.

12.6. Корпоративна цифрова культура та використання гаджетів (Digital & Corporate Culture)

Атмосфера на заняттях з матеріалознавства максимально наближена до професійного високотехнологічного середовища відділів головного металурга чи зварювальника:

- **Цільове використання гаджетів (BYOD - Bring Your Own Device):** Використання смартфонів, планшетів чи ноутбуків під час аудиторних занять цілком вітається, якщо вони застосовуються як інструменти освітнього процесу. Дозволяється вільний доступ до цифрових баз матеріалів, марочників сталей, калькуляторів еквівалента вуглецю, а також до платформи LMS.

- **Цифровий етикет та безпека:** Використання електронних пристроїв для геймінгу чи перегляду розважального контенту під час роботи з лабораторним обладнанням (особливо біля розпечених печей, хімічних реактивів чи працюючих твердомірів) розцінюється як грубе порушення корпоративної академічної етики та правил техніки безпеки, що може призвести до усунення від виконання експерименту.

13. КОМПЛЕКСНИЙ ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ТЕМ ТА ПРАКТИЧНИХ КЕЙСІВ ДЛЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ (РОЗШИРЕНА АКАДЕМІЧНА ВЕРСІЯ)

Методологічне обґрунтування процедури підсумкового контролю: Підсумковий контроль (екзамен у 2-му семестрі 1-го курсу) з фундаментальної нормативної дисципліни «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» є вирішальним етапом комплексної валідації набутих слухачами загальних та спеціальних інженерно-технологічних компетентностей. Контроль спрямований на глибоку епістемологічну перевірку програмних результатів навчання (РН 3, РН 12), що вимагають здатності свідомо керувати фазовими перетвореннями в металах та застосовувати ці знання для розв'язання спеціалізованих задач проектування надійних зварних конструкцій.

Архітектура екзаменаційного білета виключає суто репродуктивний (механічний) підхід. Завдання скомпоновані за принципами Problem-Based Learning і містять два нерівноцінні за вагою блоки: теоретичний (орієнтований на розуміння природи матеріалів та термодинаміки фазових перетворень) та практично-аналітичний (інженерний кейс із вибору матеріалів і технології термообробки), який є домінуючим.

Процедура підсумкового контролю суворо дотримується принципів інклюзивності та Trauma-Informed підходу: для ветеранів, учасників бойових дій або осіб, які проходять лікування чи психологічну реабілітацію, передбачена можливість заміни класичного усного захисту білета перед комісією на виконання розширеного письмового чи цифрового розрахункового кейса в асинхронному режимі без жорстких часових обмежень (через систему LMS).

БЛОК 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ ТА АНАЛІТИЧНИЙ ДОМЕН (Фундаментальна теорія та фазові перетворення)

Цей блок вимагає від слухача глибокого розуміння фізико-хімічної природи металів, механізмів кристалізації, термодинаміки сплавів та принципів термічного впливу на структуру.

Розділ І. Основи матеріалознавства та кристалічна будова металів

1. **Кристалічна будова:** Охарактеризуйте ідеальну кристалічну будову металів. Назвіть основні типи кристалічних ґраток (ОЦК, ГЦК, ШГ) та поясніть явище поліморфізму (алотропії) на прикладі заліза.
2. **Дефекти ґраток:** Поясніть фізичну суть точкових, лінійних (дислокацій) та поверхневих дефектів кристалічної будови. Як щільність дислокацій впливає на міцність та пластичність металу?
3. **Кристалізація:** Опишіть термодинамічні умови процесу первинної кристалізації. Яку роль відіграє ступінь переохолодження у формуванні розміру зерна? Поясніть механізм модифікування.
4. **Пластична деформація:** Охарактеризуйте процеси ковзання та двійникування. Що таке наклеп (зміцнення) металу і як він впливає на механічні властивості?
5. **Рекристалізація:** Поясніть процеси звороту, первинної та збиральної рекристалізації при нагріванні холоднодеформованого металу. Як визначається температура порогу рекристалізації?

Розділ II. Залізовуглецеві сплави. Діаграма стану Fe-C

6. **Теорія сплавів:** Дайте визначення твердим розчинам (втілення та заміщення), хімічним сполукам та механічним сумішам. Сформулюйте правило фаз Гіббса.

7. **Фази системи Fe-C:** Охарактеризуйте ферит, аустеніт та цементит (кристалічна ґратка, розчинність вуглецю, механічні властивості).

8. **Діаграма стану Fe-C:** Поясніть сутність перитектичного, евтектичного (ледебурит) та евтектоїдного (перліт) перетворень. Накресліть схему діаграми та вкажіть критичні точки (A_1 , A_3 , A_{cm}).

9. Вуглецеві сталі та чавуни: Поясніть класифікацію та маркування вуглецевих сталей звичайної якості та якісних сталей за ДСТУ. Як впливають домішки (S, P, Mn, Si) на їх властивості? Назвіть види чавунів (білі, сірі, високоміцні, ковкі) та умови графітизації.

10. Леговані сталі: Поясніть маркування легованих сталей. Як легуючі елементи (Cr, Ni, W, Mo, V) впливають на поліморфні перетворення та положення критичних точок?

Розділ III. Термічна та хіміко-термічна обробка металів

11. Перетворення аустеніту: Опишіть кінетику ізотермічного перетворення аустеніту (C-подібні діаграми). Як утворюються перліт, сорбіт та троостит?

12. Мартенситне перетворення: Поясніть механізм утворення мартенситу при безперервному охолодженні (критична швидкість гартування). Чому мартенсит має високу твердість і крихкість?

13. Технологія гартування: Охарактеризуйте види гартування. Як обирається температура нагрівання під гартування для доевтектоїдних та заевтектоїдних сталей? Що таке прогартованість?

14. Відпуск сталей: Поясніть мету та структурні зміни при низькому, середньому та високому відпуску. Що таке термічне покращення?

15. Хіміко-термічна обробка (ХТО): Розкрийте фізичну суть процесів цементації та азотування. Які цілі переслідує ХТО і для яких деталей вона застосовується?

Розділ IV. Зварюваність матеріалів та обробка зварних з'єднань

16. Зварюваність: Дайте визначення технологічній зварюваності. Запишіть формулу та поясніть алгоритм розрахунку еквівалента вуглецю (SC_{eq}).

17. Зона термічного впливу (ЗТВ): Опишіть будову ЗТВ при зварюванні низьковуглецевої сталі (ділянки неповного розплавлення, перегріву, нормалізації, неповної рекристалізації).

18. Дефектоутворення: Назвіть металургійні причини утворення кристалізаційних (гарячих) та холодних (уповільнених) тріщин у зварних швах. Яка роль дифузійного водню?

19. Термічна обробка зварних з'єднань: Обґрунтуйте необхідність застосування попереднього та супутнього підігріву. Поясніть мету та режими післязварювального високого відпуску.

БЛОК 2. ПРАКТИЧНО-АНАЛІТИЧНИЙ ДОМЕН (Professional Engineering Case Studies)

Цей практичний блок вимагає від слухача здатності до синтезу набутих металознавчих знань для розв'язання реалістичних виробничих проблем машинобудівної та зварювальної галузей. Оцінюється здатність читати діаграми, розраховувати параметри термообробки та обґрунтовувати вибір матеріалів за ДСТУ.

Кейс 1. «Аналіз фазового складу та вибір конструкційної сталі» (Теорія сплавів та ДСТУ)

Опис ситуації: Для виготовлення відповідальної зварної рами цехового мостового крана необхідно обрати матеріал. Запропоновано дві марки сталей: Ст3сп та 09Г2С.

Завдання слухачу:

1. Розшифрувати хімічний склад обох марок сталей згідно з чинними ДСТУ. Пояснити різницю між ступенями розкислення.
2. Використовуючи фрагмент діаграми Fe-C, визначити температури початку та кінця первинної кристалізації для сталі з вмістом вуглецю 0,2%.
3. Застосувати правило відрізків для визначення масової частки фериту та перліту при кімнатній температурі для обраної сталі.
4. Зробити обґрунтований інженерний висновок щодо вибору сталі (Ст3сп чи 09Г2С) для зварної кранової рами, враховуючи її роботу в умовах динамічних навантажень та можливих низьких температур.

Кейс 2. «Проектування технології термічної обробки вала-шестерні» (Термічна обробка)

Опис ситуації: Виготовляється високонавантажений вал-шестерня механізму подачі зварювального автомата. Матеріал — сталь 40Х. Деталь повинна мати високу міцність серцевини та високу зносостійкість поверхневого шару зубців.

Завдання слухачу:

1. Розшифрувати марку сталі 40X та пояснити вплив хрому на прогартованість.
2. Призначити температуру нагрівання під гартування (визначити за допомогою діаграми Fe-C положення точки A_{c3}).
3. Обрати охолоджувальне середовище для гартування цієї сталі, обґрунтувавши його вибір за C-подібними кривими розпаду аустеніту, щоб забезпечити отримання структури мартенситу і уникнути гартівних тріщин.
4. Призначити вид та температуру відпуску для забезпечення комплексу механічних властивостей (термічне покращення) та поверхнєве гартування струмами високої частоти (СВЧ) для зубців. Накреслити температурно-часовий графік повного циклу термообробки.

Кейс 3. «Оцінка зварюваності та призначення термообробки зварної металоконструкції» (Зварюваність)

Опис ситуації: Проєктується зварний посудина, що працює під тиском, зі сталі 30ХГСА. Товщина стінки становить 25 мм.

Завдання слухачу:

1. Розшифрувати марку сталі 30ХГСА.
2. Розрахувати еквівалент вуглецю (C_{eq}) за емпіричною формулою та визначити групу зварюваності цієї сталі.
3. Оцінити ризик утворення холодних тріщин та мартенситних структур у зоні термічного впливу (ЗТВ) через високу швидкість охолодження зварного шва.
4. Запропонувати комплекс технологічних заходів: розрахувати орієнтовну температуру попереднього підігріву та призначити режим післязварювальної термічної обробки (високого відпуску) для релаксації залишкових зварювальних напружень.

Кейс 4. «Металографічний аналіз дефекту зварного з'єднання» (Мікроструктурний аналіз)

Опис ситуації: Під час металографічного контролю зварного з'єднання зі сталі 45 виявлено мікротріщини в зоні термічного впливу (ЗТВ) на ділянці перегріву.

Завдання слухачу:

1. Описати структуру, яка утворюється на ділянці перегріву ЗТВ при зварюванні сталі 45 без підігріву (відзначити ріст зерна аустеніту та утворення великомартенситної структури).
2. Пояснити фізичну природу виявлених дефектів (холодних тріщин) з точки зору структурних напружень, що виникають при $A \rightarrow M$ перетворенні, та впливу дифузійного водню.
3. Запропонувати превентивні технологічні заходи (попередній підігрів, зварювання електродами з основним покриттям) для усунення причин утворення подібних структур та дефектів у подальшому виробництві.

14. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ, МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Методологічне обґрунтування процедур діагностики та оцінювання: Діагностика успішності навчання та академічного поступу здобувачів фахової передвищої освіти з нормативної фундаментальної дисципліни «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань» є багатовимірним, валідним, системним та безперервним кваліметричним процесом. Вона спрямована не на формальну констатацію наявності теоретичних знань, а на об'єктивну епістемологічну валідацію набутих загальних (ЗК 7, ЗК 8) та спеціальних інженерних компетентностей (СК 2, СК 8, СК 14).

Головною метою діагностики є підтвердження здатності майбутнього фахівця зі зварювального виробництва застосовувати апарат фізичної хімії, кристалографії та теорії фазових перетворень для розв'язання реальних проблем вибору матеріалів, призначення термообробки та забезпечення надійності металоконструкцій (РН 3, РН 12).

Організація контролю, метрики оцінювання та навчально-методичне забезпечення курсу цілком імплементовані у внутрішню систему забезпечення якості освітньої діяльності закладу освіти. Процедура оцінювання суворо дотримується принципів студентоцентрованості, академічної доброчесності, прозорості та педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Approach). Це гарантує психологічну безпеку та рівні академічні можливості для всіх слухачів, зокрема ветеранів, військовослужбовців, дорослих осіб на етапі перекваліфікації та тих, хто проходить етапи соціально-психологічної реабілітації.

14.1. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ (Diagnostic Tools & Assessment Methods)

Для забезпечення максимальної об'єктивності, академічної транспарентності та безперервного моніторингу навчальної діяльності застосовується багаторівневий підхід, що охоплює формативне (поточне), модульне та сумативне (підсумкове) оцінювання.

14.1.1. Засоби поточного та формативного контролю (Continuous & Formative Assessment)

Цей рівень діагностики здійснюється на кожному аудиторному занятті. Його мета — надання оперативного зворотного зв'язку (Feedback) для своєчасного коригування освітньої траєкторії.

- **Інженерно-металознавчі квізи (Micro-Quizzes):** Короткі (5-10 хвилин) бліц-опитування на початку занять (можуть проводитися через LMS за допомогою смартфонів). Діагностують рівень засвоєння характеристик фаз (аустеніту, перліту, мартенситу), розуміння критичних точок та методів маркування сталей за ДСТУ.
- **Діагностика праксеологічних навичок (Practical Skills Assessment):** Безперервне спостереження викладачем за процесом розв'язання технологічних задач на практичних заняттях. Оцінюється здатність слухача коректно розрахувати еквівалент вуглецю, визначити клас зварюваності, спроектувати графік гартування/відпуску.
- **Експериментально-дослідницька діагностика (Laboratory Skills Assessment):** Оцінка здатності слухача безпечно працювати з муфельними печами, травильними реактивами, правильно фокусувати металографічний мікроскоп, зняти показання з твердомірів (Брінелля, Роквелла) та коректно зафіксувати результати у лабораторному журналі.
- **Метод взаємооцінювання (Peer Review / Cross-Check):** Слухачі обмінюються розробленими технологічними картами термообробки або результатами розшифрування марок сплавів. Завдання — провести інженерну перевірку рішення колеги.

14.1.2. Засоби модульного контролю (Modular Assessment)

Спрямовані на комплексну верифікацію знань після завершення вивчення магістральних блоків (Модуль 1 «Основи матеріалознавства», Модуль 2 «Діаграма Fe-C», Модуль 3 «Термообробка», Модуль 4 «Зварюваність»).

- **Комп'ютерне тестування (CBT - Computer-Based Testing):** Здійснюється у хмарному середовищі системи управління навчанням (LMS Moodle або Google Classroom). Тести включають багаторівневі завдання: закриті питання, встановлення відповідності (співвіднести мікроструктуру з маркою сталі або режимом обробки) та розрахункові міні-задачі.
- **Захист індивідуального портфоліо (РГР):** Оцінювання здатності до автономної інженерної роботи. Слухач захищає 3 розрахунково-графічні роботи. Діагностика проводиться у форматі професійної інженерної дискусії (очно або асинхронно).

14.1.3. Засоби підсумкового контролю (Summative Assessment)

- **Екзамен (2 семестр, 1 курс):** Фінальний комплексний контрольний захід, що діагностує готовність слухача до вивчення фахових спецдисциплін («Зварні конструкції», «Технологія зварювання»). Екзаменаційний білет інтегрує теоретичний блок та практичний інженерний кейс (проектування режимів термообробки та вибір зварювальних матеріалів для конкретного виробу).

14.2. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Висока якість природничо-наукової та експериментальної підготовки гарантується наявністю потужної, сучасної навчально-методичної бази, що відповідає технологічним вимогам Ліцензійних умов провадження освітньої діяльності.

- **Нормативно-методичний комплекс (НМК):** Робоча програма, Силабус (із зазначенням дедлайнів, політики доброчесності та інклюзивних умов), опорні конспекти лекцій, методичні вказівки до організації самостійної роботи та лабораторного практикуму (інструкції до мікроскопів, твердомірів, таблиці механічних характеристик).
- **Література та нормативно-технічна документація:** Базові підручники з матеріалознавства та теоретичної механіки (як основа для розуміння напружено-деформованого стану металів).

Обов'язкове використання актуальних стандартів ДСТУ, ГОСТ, EN на сортимент металопрокату, класифікацію сталей та норми механічних випробувань.

- **Цифрове забезпечення (E-learning & Databases):** Електронні платформи (LMS) для цілодобового асинхронного доступу до матеріалів. Використання електронних марочників сталей і сплавів, спеціалізованих баз даних (наприклад, Total Materia) для пошуку хімічного складу та характеристик матеріалів.
- **Матеріально-технічна база:** Лабораторні аудиторії, оснащені металографічними мікроскопами, комплектами мікрошліфів, муфельними електропечами, гартувальними ваннами, твердомірами (Брінелля, Роквелла, Віккерса) та маятниковими копрами для фізичного моделювання процесів крихкого та в'язкого руйнування металів.

14.3. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ТА ШКАЛА ПЕРЕВЕДЕННЯ БАЛІВ (Assessment Criteria & Grading Scale)

Оцінювання результатів навчання базується на компетентнісному підході та здійснюється за прозорою, накопичувальною 100-бальною системою з обов'язковим переведенням у національну шкалу та шкалу ЄКТС. Оцінювання інженерних знань здійснюється за трьома критичними критеріями:

1. **Когнітивний критерій (Теорія):** Точність розуміння механізмів кристалізації, фазових перетворень, природи міцності та впливу легуючих елементів. Здатність інтерпретувати діаграми стану.
2. **Праксеологічний критерій (Алгоритмізація):** Правильність роботи з нормативною документацією, безпомилковість складання графіків термічної обробки, точність ідентифікації мікроструктур під мікроскопом.
3. **Аналітико-технологічний критерій (Результат):** Технологічна обґрунтованість підбору марки сталі, правильний розрахунок еквівалента вуглецю, оптимальний вибір температур гартування та відпуску.

Інтегрована шкала оцінювання здобувачів фахової передвищої освіти (Національна та ЄКТС)

Сума балів (Поточний + Модулі + Екзамен)	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	Комплексний дескриптор рівня компетентності з Матеріалознавства
90-100	A	Відмінно	Високий рівень (Excellent): Слухач демонструє видатні здібності до фізико-хімічного аналізу металів. Безпомилково ідентифікує структури, будує графіки термообробки, ідеально орієнтується в маркуванні сплавів за ДСТУ та EN. Повна готовність до вивчення зварних конструкцій та технології зварювання.
82-89	B	Добре	Достатній рівень (Very Good): Слухач має міцні, ґрунтовні знання теоретичного базису. Правильно застосовує алгоритми термообробки та аналізує діаграми стану. Можливі одиничні некритичні похибки під час вибору охолоджувального середовища, які слухач здатен самостійно скоригувати.

Сума балів (Поточний + Модулі + Екзамен)	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	Комплексний дескриптор рівня компетентності з Матеріалознавства
74-81	C	Добре	Середній рівень (Good): Впевнено оперує базовими поняттями (здатен розшифрувати марку вуглецевої сталі, знайти критичні точки на діаграмі Fe-C). Проте відчуває труднощі під час проектування складної хіміко-термічної обробки або аналізу гартівних структур у ЗТВ.
64-73	D	Задовільно	Задовільний рівень (Satisfactory): Володіння необхідним мінімальним обсягом знань. Здатність розв'язувати лише найпростіші шаблонні задачі з ідентифікації сталей. Практичні завдання вирішуються репродуктивно (за конспектом), без глибокого розуміння фізичної суті фазових перетворень.
60-63	E	Задовільно	Мінімальний рівень (Sufficient): Критично низький, пороговий рівень допуску. Знання ледь відповідають вимогам програми. Слухач насилу формулює відмінності між відпалом і гартуванням. Допускаються серйозні концептуальні помилки.
35-59	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)	Низький рівень (Fail): Компетентності не сформовані. Слухач не орієнтується в діаграмі Fe-C, не здатен підібрати сталь для зварної конструкції. Потребує суттєвого доопрацювання матеріалу та обов'язкового повторного складання екзамену.
0-34	F	Незадовільно (з обов'язковим повторним вивченням)	Абсолютно незадовільний рівень (Fail): Повне ігнорування освітнього процесу. Систематичне невиконання самостійної роботи, відсутність РГР та лабораторних протоколів. Обов'язкове повторне вивчення навчальної дисципліни у повному обсязі.

15. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СЛУХАЧІВ (СРС)

Методологічне та епістемологічне обґрунтування організації СРС: Самостійна робота слухачів (СРС), загальним детермінованим обсягом **42 академічні години**, є фундаментальною, системоутворюючою та невід'ємною магістральною складовою вивчення

обов'язкової нормативної дисципліни «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань». У контексті підготовки висококваліфікованих інженерних кадрів за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» (ОПП «Зварювальне виробництво»), самостійна робота виконує критично важливу функцію епістемологічного мосту між абстрактною математизованою теорією кристалографії та термодинаміки і прикладним металознавчим аналізом реальних зварних металоконструкцій та зварювального обладнання.

Оскільки сучасне матеріалознавство вимагає формування стійких аналітичних навичок і здатності до системного мислення, оволодіння цим інструментарієм неможливе виключно через пасивне аудиторне прослуховування. Слухач повинен пройти власний шлях когнітивних досліджень під час роботи з марочниками сталей, розв'язання задач із розрахунку фазового складу, побудови температурно-часових графіків термообробки та вибору оптимальних зварювальних матеріалів за чинними державними і міжнародними стандартами (ДСТУ, EN, ISO).

Методологія виконання індивідуальних завдань CPC концептуально базується на принципах проєктно-орієнтованого навчання (Project-Based Learning) та вимагає створення індивідуального цифрового розрахунково-технологічного портфоліо.

Інклюзивність та Trauma-Informed Approach (Педагогіка, обізнана з травмою):

Враховуючи інклюзивний характер академічної екосистеми, наявність у групах слухачів-ветеранів, учасників бойових дій, осіб з інвалідністю внаслідок війни та слухачів, які проходять соціально-психологічну реабілітацію, форми звітності за CPC є максимально адаптивними та гнучкими. Застосування принципів педагогіки, обізнаної з травмою, дозволяє слухачам презентувати результати своїх інженерних досліджень в асинхронному форматі через системи управління навчанням (LMS Moodle, Google Classroom). Подання деталізованих PDF-звітів замість обов'язкового стресового очного захисту біля дошки кардинально знижує фактор екзаменаційного стресу та сприяє комфортному засвоєнню складного розрахункового апарату.

Навчальний матеріал для самостійного опрацювання чітко та логічно структурований за чотирма магістральними напрямками (відповідно до модулів курсу).

НАПРЯМ 1: ОСНОВИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА КРИСТАЛІЧНА БУДОВА МЕТАЛІВ (10 годин)

Цей блок завдань орієнтований на формування компетентності щодо кристалічної будови речовин, ідентифікації дефектів та розуміння державних стандартів на механічні випробування металів.

- **Завдання 1.1. Опрацювання нормативної бази щодо методів механічних випробувань (4 години).**
 - *Зміст завдання:* Самостійне вивчення актуальних вітчизняних (ДСТУ) та міжнародних (ISO) стандартів на методи визначення твердості металів (за Брінеллем, Роквеллом, Віккерсом), а також методики проведення випробувань на статичний розтяг та ударний згин. Аналіз вимог до зразків та обладнання.
 - *Форма звітності:* Опорний конспект у вигляді структурно-логічної схеми + проходження інтерактивного тренувального тесту в LMS.
- **Завдання 1.2. Аналітичне дослідження впливу дефектів на властивості металів (4 години).**
 - *Зміст завдання:* Підготовка розширеного аналітичного звіту щодо впливу лінійних та поверхневих дефектів (дислокацій, границь зерен) на процеси пластичної деформації. Опис механізму дислокаційного зміцнення (наклепу) та впливу температури на процеси звороту і рекристалізації.
 - *Форма звітності:* Індивідуальний цифровий звіт (PDF) у системі LMS. Асинхронна перевірка.
- **Завдання 1.3. Підготовка до модульного контролю №1 (2 години).**
 - *Зміст завдання:* Систематизація знань з кристалографії (індекси Міллера), термодинаміки кристалізації та механічних властивостей.
 - *Форма звітності:* Самоконтроль та проходження симуляційного комп'ютерного тесту.

НАПРЯМ 2: ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВІ СПЛАВИ ТА ДІАГРАМА СТАНУ Fe-C (10 годин)

Цей блок вимагає від слухача здатності застосовувати термодинамічні моделі для аналізу фазових рівноваг, а також вільно оперувати марочниками сталей.

- **Завдання 2.1. Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) №1: «Аналіз фазового складу залізвуглецевого сплаву та розшифрування марок легованих сталей» (6 годин).**
 - *Зміст завдання:* Слухач отримує індивідуальне завдання за багатоваріантною матрицею. Необхідно: 1) накреслити задану ділянку діаграми Fe-C; 2) для сплаву із заданою концентрацією вуглецю побудувати криву охолодження; 3) застосувати правило відрізків для визначення масової частки фаз (наприклад, аустеніту та цементиту) для вказаної температури; 4) розшифрувати 5 марок вуглецевих, легованих сталей та чавунів за ДСТУ та EN, вказавши їх хімічний склад і застосування.
 - *Форма звітності:* Структурована розрахунково-пояснювальна записка в LMS із графічними побудовами.
- **Завдання 2.2. Самостійне опрацювання спеціальних сплавів (2 години).**
 - *Зміст завдання:* Дослідження фізичної природи впливу карбідоутворюючих (Cr, W, Mo, V) та некарбідоутворюючих (Ni, Si, Co) легуючих елементів на поліморфні перетворення в сталях та положення критичних точок S_{SS} і S_{ES} .
 - *Форма звітності:* Опорний конспект + розв'язання типових інженерних міні-задач.
- **Завдання 2.3. Підготовка до модульного контролю №2 (2 години).**
 - *Зміст завдання:* Консолідація теоретичного матеріалу щодо класифікації та маркування конструкційних, інструментальних і спеціальних матеріалів.
 - *Форма звітності:* Тренувальне онлайн-тестування.

НАПРЯМ 3: ТЕРМІЧНА ТА ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ (11 годин)

Етап має на меті формування здатності проектувати технологічні процеси термічної обробки для досягнення необхідного комплексу механічних властивостей деталей.

- **Завдання 3.1. Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) №2: «Призначення та розрахунок режимів гартування і відпуску для забезпечення заданої міцності деталі» (7 годин).**
 - *Зміст завдання:* Слухач отримує креслення конкретної деталі (вал, вісь, шестерня) та умови її експлуатації. Завдання: 1) обрати оптимальну марку сталі; 2) розрахувати температури нагрівання під гартування (за критичними точками A_{c1} , A_{c3}); 3) обґрунтувати вибір охолоджувального середовища за C-подібними кривими (щоб уникнути гартівних тріщин); 4) призначити режим відпуску; 5) побудувати температурно-часовий графік повного циклу термообробки.
 - *Форма звітності:* Цифровий звіт у системі LMS із побудованими в масштабі графіками режимів термообробки + асинхронне консультування з викладачем.
- **Завдання 3.2. Сучасні технології поверхневого зміцнення (2 години).**
 - *Зміст завдання:* Опрацювання інноваційних методів хіміко-термічної обробки, що застосовуються в сучасному машинобудуванні: іонно-плазмове азотування, вакуумна цементация, лазерне гартування, борування.
 - *Форма звітності:* Конспект + виконання аналітичної порівняльної картки технологій (Task Card).
- **Завдання 3.3. Підготовка до модульного контролю №3 (2 години).**
 - *Зміст завдання:* Систематизація знань з кінетики розпаду аустеніту, дефектів при термообробці та методів прогартованості.
 - *Форма звітності:* Самоконтроль.

НАПРЯМ 4: ЗВАРЮВАНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ (11 годин)

Завершальний блок СРС, що переводить знання матеріалознавства у практичну площину зварювального виробництва — базову навичку для проектувальника металоконструкцій.

- **Завдання 4.1. Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) №3: «Комплексний вибір матеріалів, електродів та призначення режимів термічної обробки для відповідальної зварної конструкції» (7 годин).**

- *Зміст завдання:* Комплексне інженерне завдання. Для заданої зварної конструкції (наприклад, посудина під тиском або ферма) з легованої сталі здобувач має: 1) розрахувати еквівалент вуглецю (SC_{eq}) за емпіричними формулами; 2) оцінити клас зварюваності та схильність до утворення холодних тріщин; 3) за довідниками підібрати марку зварювального дроту чи електрода; 4) обґрунтувати та розрахувати температуру попереднього підігріву; 5) призначити режим післязварювального високого відпуску для зняття залишкових напружень.
- *Форма звітності:* Розгорнутий цифровий звіт у LMS із посиланнями на довідникову базу та актуальні ДСТУ.
- **Завдання 4.2. Аналіз дефектів зварних з'єднань (2 години).**
 - *Зміст завдання:* Самостійне вивчення металографічних методів контролю якості зварних швів. Ідентифікація мікротріщин, пор, неметалевих включень та гартівних (мартенситних) структур на ділянці перегріву ЗТВ.
 - *Форма звітності:* Опорний конспект із замальовками/схемами мікроструктур ЗТВ.
- **Завдання 4.3. Підготовка до підсумкового Екзамену (2 години).**
 - *Зміст завдання:* Глобальна систематизація та консолідація теоретичного, металографічного і розрахункового матеріалу за весь 2-й семестр (модулі 1-4).
 - *Форма звітності:* Проходження фінального симуляційного комп'ютерного тестування (Mock Exam) у системі дистанційного навчання.

РАЗОМ ГОДИН НА САМОСТІЙНУ РОБОТУ (СРС): 42 години.

Оцінювання всіх виконаних індивідуальних завдань здійснюється строго за встановленим рубрикаторм як вагома складова поточної та підсумкової успішності слухача. Здобувачам гарантується психологічно комфортне середовище для асинхронного захисту робіт.