



ЗАТВЕРДЖУЮ

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

Сергій ГОРДІЄНКО

28 серпня 2026 р.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПІДГОТОВКИ ТА ПРОХОДЖЕННЯ ПІДСУМКОВОГО ЕКЗАМЕНУ

Дисципліна: «Матеріалознавство та термічна обробка металів і зварних з'єднань»

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка» (ОПП «Зварювальне виробництво»)

Освітньо-професійний ступінь: Фаховий молодший бакалавр

1. ФІЛОСОФІЯ ЕКЗАМЕНУ: ВІД СТРЕСУ ДО ЗАХИСТУ ІНЖЕНЕРНОЇ КОМПЕТЕНЦІЇ

Підсумковий екзаме́н з «Матеріалознавства та термічної обробки металів» — це не формальна перевірка вашої здатності запам'ятовувати відсотки вуглецю чи температурні точки. Це симуляція реальної виробничої наради у відділі головного металурга або зварювальника на таких підприємствах, як ТОВ "Інтерпайп", ПП "Висотпромсервіс" чи ТОВ "ДАЗ". Ваше завдання — довести екзаменаційній комісії ЗПО «Дніпровський професійний технологічний коледж», що ви здатні приймати безпечні, науково обґрунтовані рішення, які гарантують безперебійну експлуатацію металоконструкцій.

Враховуючи інтегрований підхід педагогіки, обізнаної з травмою (Trauma-Informed Approach), екзаме́н будується на засадах абсолютної психологічної безпеки. Ми формуємо культуру толерантності до помилок (Error Tolerance). Хвилювання під час відповіді є нормою. Якщо ви забули точну цифру на діаграмі стану Fe-C, але можете логічно пояснити, чому нагрівання доевтектоїдної сталі вище лінії Ас3 є критичним для повного гартування — ви демонструєте мислення фахівця. Комісія налаштована на конструктивний професійний діалог, а не на пошук ваших слабких місць.

2. АУДИТОРНА ПІДГОТОВКА ДО ЕКЗАМЕНУ (ЗАГАЛЬНИЙ ОБСЯГ — 30 ГОДИН)

Підготовка до підсумкового контролю — це інтенсивний проблемно-орієнтований тренінг (Problem-Based Learning). 30 годин аудиторної роботи виділені для синтезу знань: від мікроструктури кристала до макроскопічної надійності зварного шва.

Блок 1. Систематизація знань зі Змістового модуля 1 «Основи матеріалознавства та кристалічна будова» (7 годин)

Тема та фокус: Ідеальна та реальна кристалічні ґратки, дефекти (вакансії, дислокації), процеси первинної кристалізації та механізми зміцнення (наклеп, модифікування).

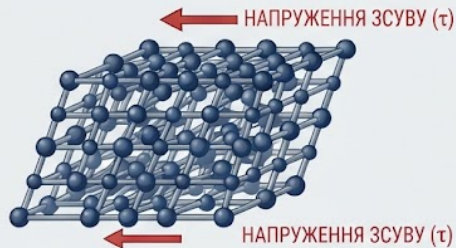
Інженерний вимір: Згадайте лабораторні роботи. Як дислокації дозволяють металу гнутися, не ламаючись? Чому дрібне зерно одночасно підвищує міцність і в'язкість? На заводі ви повинні розуміти, що холодна прокатка (наклеп) вичерпує ресурс пластичності, і без рекристалізаційного відпалу деталей просто розірветься при подальшому штампуванні на ТОВ "Аксор індастрі".

Психологічний аспект (Trauma-Informed Approach): Цей модуль вчить нас, що ідеальних матеріалів не існує. Саме наявність недосконалостей (дефектів ґратки) робить метал пластичним і придатним до обробки. Ідеальний кристал — надзвичайно міцний, але крихкий. Здатність до пластичної деформації (резильєнтність металу) є метафорою людської здатності адаптуватися до колосальних тисків і відновлюватися.

Ключові навички для тренування: Читання кривих охолодження за правилом фаз Гіббса, розуміння індексів Міллера, розрахунок щільності пакування (ОЦК, ГЦК).

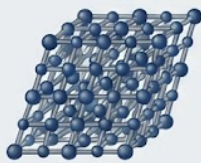
ВПЛИВ ДИСЛОКАЦІЙ НА ПЛАСТИЧНУ ДЕФОРМАЦІЮ МЕТАЛУ

ЧАСТИНА 1: ІДЕАЛЬНА КРИСТАЛІЧНА ҐРАТКА ТА ТЕОРЕТИЧНА МІЦНІСТЬ

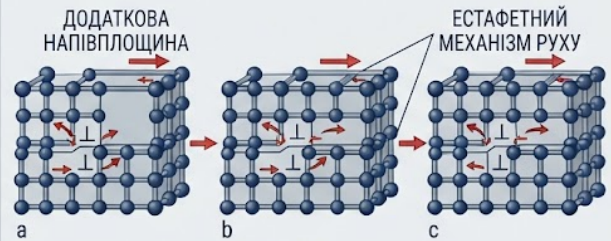


ТЕОРЕТИЧНА МІЦНІСТЬ (σ_{th})

Для деформації ідеального кристалу необхідно одночасно розірвати всі міжатомні зв'язки вздовж площини ковзання. Це потребує величезних зусиль ($\tau_{th} \approx G/10$).



ЧАСТИНА 2: РУХ КРАЙОВОЇ ДИСЛОКАЦІЇ ТА МЕХАНІЗМ КОВЗАННЯ



НАПРУЖЕННЯ ПАЙЄРСЛА-НАБАРРО

Рух дислокації відбувається послідовно, розриваючи лише кілька зв'язків за раз. Це вимагає значно менших зусиль ($\tau_{p,n}$) порівняно з теоретичною міцністю.

БАР'ЄРНА ДІЯ МЕЖ ЗЕРЕН



Межі зерен перешкоджають руху дислокацій, викликаючи їх скупчення та зміцнення матеріалу.

Блок 2. Систематизація знань зі Змістового модуля 2 «Залізовуглецеві сплави. Діаграма Fe-C» (7 годин)

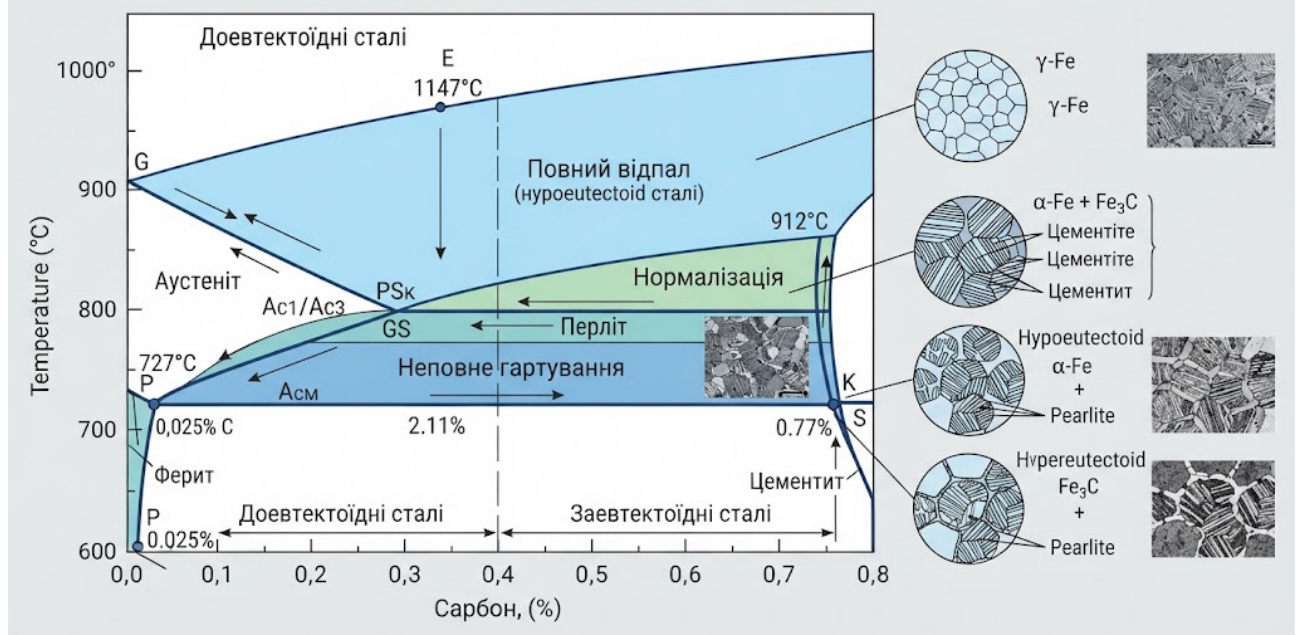
Тема та фокус: Фазові рівноваги, структурні складові (ферит, аустеніт, цементит, перліт, ледебурит). Маркування вуглецевих, легированих сталей та чавунів за ДСТУ.

Інженерний вимір: Діаграма Fe-C — це ваша "карта навігації". На екзамені ви маєте довести, що вмієте "читати" її для практичних потреб. Чому ми не гартуємо сталь Ст3кп? Чому інструментальну сталь У12 нагрівають під гартування лише вище A_{c1} , а не вище A_{cm} ? Правильне розуміння правила відрізків дозволяє точно визначити, наскільки крихкою буде деталь при охолодженні.

Психологічний аспект (Trauma-Informed Approach): Діаграма стану дає відчуття абсолютного передбачення. У світі фазових перетворень немає місця раптовому хаосу — зміна структури чітко детермінована температурою та концентрацією вуглецю. Це повертає відчуття контролю над ситуацією: знаючи вихідні параметри, ми завжди можемо спрогнозувати стан системи.

Ключові навички для тренування: Застосування правила важеля (відрізків), вільне розшифрування марок типу 12X18H10T, 09Г2С, ВЧ 50, запис реакцій евтектоїдного розпаду.

Критичні точки діаграми Fe-C та їх технологічне значення



Блок 3. Систематизація знань зі Змістового модуля 3 «Термічна та хіміко-термічна обробка» (8 годин)

Тема та фокус: Кінетика розпаду аустеніту (C-подібні криві). Мартенситне та бейнітне перетворення. Технології гартування, відпуску, цементації та азотування.

Інженерний вимір: Тут ви берете процеси під свій контроль. Під час аудиторної роботи ми аналізуємо, як уникнути гартівних тріщин на масивних валах. Чому для сталі 40ХН2МА ми використовуємо оливу, а не воду? Як високий відпуск (покращення) знімає внутрішні макронапруження, роблячи метал витривалим до динамічних ударів?

Психологічний аспект (Trauma-Informed Approach): Термічний відпуск — це найкраща метафора зняття внутрішньої напруги. Гартування (травматичний шок) робить метал надміцним, але екстремально крихким через перенасичення та колосальний внутрішній тиск ґратки. Без відпуску деталей розірве саму себе зсередини. Відпуск (повільне, контрольоване нагрівання) дозволяє структурі релаксувати, позбутися критичного напруження і набути справжньої витривалості (сорбіт відпуску). Це процес відновлення резильєнтності.

Ключові навички для тренування: Побудова температурно-часових графіків термообробки, аналітичний розрахунок критичної швидкості гартування ($v_{кр}$), проєктування ХТО для зубчастих коліс.



Блок 4. Систематизація знань зі Змістового модуля 4 «Зварюваність матеріалів» (8 годин)

Тема та фокус: Аналітична оцінка зварюваності (еквівалент вуглецю C_{eq}). Будова ЗТВ. Металургія утворення холодних і гарячих тріщин (вплив водню, S, P). Призначення попереднього підігріву та РВНТ.

Інженерний вимір: Це фінальний тест вашої фаховості. На екзамені ви захищатимете зварну конструкцію. Як довести, що сталь 30ХГСА не можна зварювати на морозі без підігріву? Ви розрахуєте C_{eq} , доведете ризик утворення крихкого мартенситу в зоні перегріву ЗТВ, пояснюєте дію дифузійного водню і призначаєте температуру підігріву за формулою Сеферіана.

Психологічний аспект (Trauma-Informed Approach): Цей модуль вивчає дефекти (тріщини, пори), але фокус категорично зміщений на превентивні дії. Ми не лякаємося аварій, ми застосовуємо водневий контроль (прожарювання електродів) та післязварювальний відпуск (РВНТ), щоб усунути саму можливість руйнування. Це вчить активній профілактиці криз.

Ключові навички для тренування: Швидкий розрахунок C_{eq} , аргументований вибір зварювальних матеріалів (наприклад, електродів з основним покриттям для легованих сталей), проектування термограм підігріву та відпуску.

3. СТРУКТУРА ПІДСУМКОВОГО ЕКЗАМЕНУ ТА ПРАВИЛА ОЦІНЮВАННЯ

Екзаменаційний білет — це комплексна модель вашого майбутнього технологічного завдання. Він унеможливорює механічне вгадування.

3.1. Загальна конфігурація балів та "Жорсткий бар'єр компетентності" Відповідно до силабусу, підсумкова оцінка формується за 100-бальною накопичувальною системою: 70 балів — максимальна оцінка за семестрову роботу (практичні, лабораторні, захист трьох розрахунково-графічних робіт (РГР) та модульні тестування).

30 балів — максимальна оцінка безпосередньо за екзамен.

КРИТИЧНА УМОВА СКЛАДАННЯ (Інженерний запобіжник): Якщо на екзамені здобувач набирає в сумі менше 18 балів (з 30 можливих), екзамен вважається **НЕСКЛАДЕНИМ** (оцінка FX), незалежно від семестрового рейтингу. Філософія вимоги: Фахівець, який плутає перліт з мартенситом, або не знає, що сірка викликає гарячі тріщини у шві, становить пряму загрозу на виробництві. Бар'єр у 18 балів гарантує, що диплом отримає людина, здатна забезпечити технологічну безпеку об'єктів ТОВ "Інтерпайп" чи ТОВ "НВП РІЧ".

3.2. Архітектура екзаменаційного білета Кожен білет містить три незалежні завдання (до 10 балів за кожне):

Питання 1 (10 балів): Теоретичний блок (Кристалографія або Діаграми стану)

Мета: Валідація розуміння фізико-хімічної природи металів.

Сутність: Сформулювати закон чи описати фазу (наприклад, правило фаз Гіббса, опис аустеніту).

Очікуваний формат: Відповідь має супроводжуватися ескізом (наприклад, замальовкою гратки або ділянки діаграми Fe-C) та поясненням впливу цієї фази на обробку.

Питання 2 (10 балів): Теоретико-аналітичний блок (Термообробка або Зварюваність)

Мета: Аналіз складних кінетичних процесів.

Сутність: Пояснення процесів під час гартування, відпуску, або металургійних реакцій у ванні (розкислення, десульфуріяція).

Очікуваний формат: Побудова температурно-часового графіка, запис металургійної реакції (наприклад, $\text{FeS} + \text{Mn} \rightarrow \text{MnS} + \text{Fe}$) та аналіз наслідків для експлуатації.

Питання 3 (10 балів): Практичний інженерний кейс (Розрахункова задача/Дефектоскопія)

Мета: Синтез знань для розв'язання виробничої проблеми.

Сутність: Здобувач отримує вихідні дані. Наприклад: "Задано сталь 15ХСНД, товщина 40 мм. Спроектувати технологію зварювання".

Очікуваний формат: Повноцінний технічний звіт: розрахунок C_{eq} , вибір класу зварюваності, призначення температури підігріву (формула Сеферіана), вибір типу електрода та режиму РWHT.

4. АЛГОРИТМ ТА ЛОГІКА ВІДПОВІДЕЙ НА ЕКЗАМЕНІ (МЕТОД «Т.А.П.В.») Щоб мінімізувати стрес і структурувати свої думки, використовуйте універсальний алгоритм «Т.А.П.В.» (Теза – Аргумент – Приклад – Висновок).

[1. ТЕЗА (Коротке фізико-математичне визначення)] Почніть із чіткого

формулювання. Приклад (Критична швидкість гартування $v_{кр}$): «Критична швидкість гартування — це мінімальна швидкість безперервного охолодження, при якій повністю пригнічується дифузійний розпад аустеніту і утворюється 100% мартенситу».

[2. АРГУМЕНТ (Розкриття суті та кінетики)] Поясніть фізику явища. Намалюйте графік. Приклад: «На C-подібній діаграмі ця швидкість є дотичною до "носа" кривої початку розпаду. Якщо швидкість охолодження деталі буде меншою за $v_{кр}$, аустеніт встигне частково розпастися на м'який троостит, і сталь не досягне максимальної твердості».

[3. ПРИКЛАД (Професійна локалізація у зварюванні/машинобудуванні)] Пов'яжіть це з практикою. Приклад: «У зварювальному виробництві розуміння $v_{кр}$ є життєво необхідним. Якщо ми зварюємо леговану сталь (яка має дуже низьку $v_{кр}$ через гальмування дифузії хромом і молібденом), швидке відведення тепла у холодний метал миттєво перевищить $v_{кр}$. У зоні термічного впливу утвориться крихкий мартенсит, що спровокує холодні тріщини».

[4. ВИСНОВОК (Інженерне рішення)] Як ви усунете небезпеку? Приклад: «Отже, щоб штучно зменшити швидкість охолодження ЗТВ (зробити її меншою за $v_{кр}$) і запобігти утворенню мартенситу, я, як інженер-технолог, впроваджую обов'язковий попередній підігрів конструкції до 250°C ».

4.1. Управління помилками (Error Management) під час усного захисту Якщо комісія ЗПО «ДПТК» вказує на неточність у ваших розрахунках (наприклад, помилка в обчисленні C_{eq}): НЕ ТРЕБА: Панікувати, мовчати або виправдовуватися.

ТРЕБА (Інженерна реакція): Сприйняти це як технічний аудит. Скажіть: "Дякую, дозвольте перепроверити ваговий коефіцієнт хрому у формулі". Знайдіть помилку, виправте на дошці і спокійно скажіть: "Так, після перерахунку еквівалент зріс до 0,42%, отже, ця сталь переходить до класу обмежено зварюваних, що вимагає підвищення температури підігріву". Це демонструє зрілість і здатність до критичного мислення.

5. МАТРИЦЯ ОЦІНЮВАННЯ ПІДСУМКОВОГО ЕКЗАМЕНУ (ДЕСКРИПТОРИ) Кожне з трьох питань оцінюється від 0 до 10 балів за суворими критеріями.

Бали (з 10) Рівень (ECTS) Розгорнутий дескриптор компетентності 9 – 10 Високий (A)

Відмінно Теорія: Вичерпна, структурована відповідь за алгоритмом Т.А.П.В. Вільне володіння термінологією (дифузія, поліморфізм, ліквація). Вміння ілюструвати фізичні процеси ескізами діаграм.

Практика: Еталонне виконання кейсу. Точний розрахунок за формулами (ІW, Сеферіана), бездоганне розшифрування марок за ДСТУ. Обґрунтування технології зварювання гарантує

абсолютну безпеку та рівномірність вузла. || 7 – 8 | Достатній (В, С) Добре | Теорія: Розуміння головних закономірностей. Присутні незначні неточності у формулюваннях фаз, або бракує глибокої аргументації при аналізі кінетики. Здобувач самостійно виправляє помилки під час діалогу.

Практика: Алгоритм розв'язання (наприклад, вибір електродів чи призначення РВНТ) в цілому вірний. Є поодинокі арифметичні похибки або неточності у призначенні температури підігріву (в межах допустимої похибки), що не призводять до критичної втрати надійності. || 5 – 6 | Середній (D, E) Задовільно | Теорія: Знання фрагментарні. Здобувач механічно відтворює терміни, але відчуває серйозні труднощі з поясненням фізичної природи явищ (наприклад, плутає причини гарячих і холодних тріщин). Потребує постійних навідних запитань.

Практика: Порогове розуміння. Визначено клас сталі, але є грубі методологічні помилки у призначенні термообробки або виборі зварювальних матеріалів, що може призвести до браку на виробництві без нагляду старшого майстра. || 0 – 4 | Низький (FX, F) Незадовільно | Усі питання: Суть не розкрита. Здобувач не розрізняє аустеніт і мартенсит, не вміє розшифрувати елементарну марку сталі (наприклад, Сталь 45).

Практика: Повна неспроможність виконати інженерний розрахунок. Допуск такого слухача до реального технологічного процесу становить пряму загрозу життю та безпеці об'єкта. (Компетенція не підтверджена). |

6. МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО КЕЙСА (ПИТАННЯ 3) Більшість практичних завдань перевіряють вашу здатність протистояти некомпетентним рішенням, які загрожують безпеці.

Типовий екзаменаційний кейс: «На монтажному майданчику ТОВ "Альтстрім" виник дефіцит прокату зі сталі 09Г2С (добре зварювана низьколегована сталь) для опорної ферми, яка експлуатуватиметься взимку при -20°C . Постачальник пропонує замінити її на сталь Ст3кп (кипляча сталь), аргументуючи це тим, що границя міцності у неї схожа, а ціна значно нижча. Зварювання буде виконуватися рутиловими електродами без підігріву. Ваші дії як інженера-технолога? Обґрунтуйте відповідь.»

Еталонна відповідь (За алгоритмом Т.А.П.В. на 10 балів):

Теза (Ідентифікація проблеми): "Пропозиція постачальника є категорично неприпустимою. Заміна спокійної легованої сталі на кипячу для відповідальної зимової конструкції гарантовано призведе до крихкого руйнування".

Аргумент (Металургійний аналіз): "Сталь Ст3кп є неповністю розкисленою. Вона містить велику кількість розчиненого кисню та схильна до сильної ліквідації шкідливих домішок (сірки і фосфору) по межах зерен. Фосфор зсуває поріг холодноламкості в бік додатних температур. При температурі -20°C ударна в'язкість кипячої сталі падає майже до нуля. Крім того, використання рутилових електродів наситить шов дифузійним воднем, що спровокує пористість (через кипіння ванни $\text{C}+\text{O}\rightarrow\text{CO}$) та водневе окрихчення."

Рішення (Дія інженера): "Я офіційно блокую використання Ст3кп. Якщо сталь 09Г2С недоступна, я вимагаю заміни щонайменше на сталь Ст3сп (спокійна, повністю розкислена кремнієм і марганцем) з гарантованою ударною в'язкістю при від'ємних температурах (клас J2 за нормами EN). Зварювання повинно виконуватися виключно прожареними електродами з основним (фтористо-кальцієвим) покриттям типу УОНИ-13/55 для зв'язування водню".

Висновок: "Моє рішення базується на фундаментальних законах матеріалознавства, воно унеможливорює холодноламкість та гарантує безаварійну експлуатацію ферми, захищаючи людські життя та репутацію підприємства".

7. ЧЕК-ЛИСТ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ ДО ЕКЗАМЕНУ Перевірте себе перед тим, як зайти до аудиторії:

[] Правило паузи: Витягнувши білет, я не буду говорити одразу. Я виділю 5 хвилин на побудову структури відповіді (Т.А.П.В.) на чернетці.

[] Технічний вектор: На будь-яке запитання я буду відповідати через призму забезпечення якості металу та безпеки зварного шва.

[] Професійний словник: Я не буду використовувати слова "напевно", "я не знаю", "можливо". Я використовуватиму терміни: "Згідно з діаграмою Fe-C...", "Термокінетичний аналіз показує...", "Для запобігання крихкому руйнуванню я призначаю..."

[] Спокій у дискусії: Якщо екзаменатор вкаже на розбіжність у моєму розрахунку C_{eq} , я не буду захищатися. Я сприйму це як інженерний фактчекінг, спокійно перерахую формулу на дошці і адаптую свій технологічний висновок.

Ви йдете на підсумковий контроль з «Матеріалознавства» не як учні, яких тестують, а як фахівці ЗПО «Дніпровський професійний технологічний коледж», які готові взяти на себе інженерну відповідальність за відбудову інфраструктури нашої держави.