

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Дисципліна: Фізика (ОК 7)

Галузь знань: G — Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність: G9 — Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма: «Зварювальне виробництво»

Освітньо-професійний ступінь: фаховий молодший бакалавр

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Індивідуальні завдання виконують здобувачі, які з поважних причин пропустили практичні заняття, а також ті, хто прагне підвищити підсумковий рейтинговий бал або поглибити знання з окремих тем.

Кожне завдання побудоване за одним принципом: здобувач має не переказати теорію, а виконати самостійний розрахунок із реальними числовими даними зварювального обладнання й пояснити, що результат означає на практиці. Робота, у якій є формули й цифри, але немає висновку про вплив на технологію або якість з'єднання, вважається невиконаною.

Вимоги до оформлення:

- Обсяг — від 3 до 6 сторінок формату А4 залежно від рівня складності.
- Структура: вихідні дані з посиланням на джерело → схема або ескіз з'єднання → робочі формули з поясненням позначень → переведення в СІ → обчислення → перевірка розмірності → оцінка правдоподібності → аналіз результату → висновок.
- Довідкові дані беруться з довідників, каталогів обладнання або нормативних документів із обов'язковим зазначенням джерела.
- Робота захищається у формі короткої співбесіди. Здобувач має пояснити кожен рядок власного розрахунку.

Одне завдання відповідає одному пропущеному практичному заняттю і оцінюється за тією самою шкалою — максимум 2 бали. Завдання підвищеної складності, позначені відповідно, можуть зараховуватися як частина самостійної роботи за напрямками 3–4.

МОДУЛЬ І. МЕХАНІКА ТА ОСНОВИ ГІДРОСТАТИКИ

Завдання 1.1. Розрахунок параметрів руху при механізованому зварюванні

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 1

Ви маєте узгодити між собою швидкість зварювання, швидкість подавання дроту й витрату наплавленого металу для конкретного з'єднання.

Що потрібно виконати:

- Оберіть реальний напівавтомат або зварювальний трактор із доступною технічною документацією; випишіть діапазон швидкостей подавання дроту, діаметр дроту та діапазон швидкостей переміщення.
- Задайте довжину й переріз шва; обчисліть об'єм і масу наплавленого металу.
- Визначте потрібну швидкість подавання дроту за масою наплавлення та часом виконання шва.
- Обчисліть швидкість зварювання в см/хв і м/год; перевірте, чи потрапляє вона в паспортний діапазон обраного обладнання.
- Оцініть, як зміняться обидві швидкості, якщо перейти на дріт іншого діаметра при тій самій масі наплавлення.

– Сформулюйте висновок щодо узгодженості обраного обладнання із заданим з'єднанням.

Орієнтир для самоперевірки. Швидкість подавання дроту має вийти в десятки разів більшою за швидкість зварювання. Якщо величини одного порядку, перевірте перерізи: ви, найімовірніше, переплутали площу шва з площею дроту.

Завдання 1.2. Енергетичний баланс зварювального поста

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 2

Ви маєте обґрунтувати, скільки енергії споживає пост і де саме вона губиться.

Що потрібно виконати:

- Оберіть реальне джерело живлення з паспортними даними; випишіть напругу дуги, зварювальний струм, ККД джерела та тривалість вмикання.
- Обчисліть потужність дуги й споживану з мережі потужність.
- Послідовно врахуйте ефективний ККД нагрівання виробу та термічний ККД проплавлення; визначте, яка частка спожитої енергії реально йде на утворення шва.
- Побудуйте діаграму розподілу енергії по ланках і назвіть ланку з найбільшими втратами.
- Обчисліть витрату електроенергії на один погонний метр шва та на зміну при заданій тривалості вмикання.
- Сформулюйте висновок щодо енергетичної ціни обраного способу зварювання.

Орієнтир для самоперевірки. Частка енергії, що йде власне на плавлення металу шва, має вийти в межах приблизно чверті від потужності дуги. Значення понад половину означає, що ви застосували ККД один раз замість двох.

Завдання 1.3. Газове господарство поста: запас, витрата, планування зміни

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 3

Ви маєте спланувати забезпечення поста захисним газом на зміну без зупинки робіт і без надлишкових запасів.

Що потрібно виконати:

- Задайте спосіб зварювання й захисний газ; випишіть водяну місткість балона, тиск заправки та рекомендовану витрату.
- Обчисліть об'єм газу в балоні, приведений до атмосферного тиску.
- Визначте тривалість роботи від повного балона до залишкового тиску 0,5 МПа й обґрунтуйте, чому балон не спорожняють повністю.
- Розрахуйте потрібну кількість балонів на зміну для заданої програми зварювальних робіт із урахуванням коефіцієнта використання поста.
- Окремо виконайте розрахунок для вуглекислоти й поясніть, чому для неї методика інша.
- Сформулюйте висновок щодо організації зберігання й обліку балонів на дільниці.

Орієнтир для самоперевірки. Повний 40-літровий балон аргону при витраті близько 10 л/хв має давати приблизно десять годин чистого часу горіння дуги. Якщо вийшли хвилини або доби — помилка в переведенні одиниць об'єму.

Завдання 1.4. Перевірка міцності зварного вузла та обґрунтування катета шва

Рівень: підвищеної складності, відпрацювання практичного заняття № 4

Ви маєте довести розрахунком, що обраний вами шов витримає навантаження, і показати, якою ціною це досягається.

Що потрібно виконати:

- Оберіть реальний зварний вузол: кронштейн, косинку, вузол ферми або фланцеве з'єднання; виконайте ескіз із розмірами.
- Визначте характер роботи швів: розтяг, зріз чи їх поєднання; позначте небезпечний переріз кожного шва.
- Обчисліть напруження за заданим навантаженням і перевірте запас міцності відносно границі текучості обраної марки сталі.
- Визначте мінімально достатній катет шва при допустимому напруженні та порівняйте його з тим, який зазвичай призначають «із запасом».

- Обчисліть, у скільки разів зростає маса наплавленого металу при збільшенні катета на 2 мм, і зіставте це з приростом міцності.
- Оцініть вплив концентратора напружень: як зміниться висновок, якщо в шві допущено підріз, а конструкція працює на змінному навантаженні.
- Сформулюйте висновок щодо раціонального призначення розмірів швів.

Орієнтир для самоперевірки. Приріст міцності має бути приблизно пропорційним катету, а приріст маси — квадрату катета. Якщо обидва прирости однакові, ви рахували масу за лінійною залежністю.

МОДУЛЬ II. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА

Завдання 2.1. Розрахунок параметрів балона та обґрунтування вимог до зберігання

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 5

Ви маєте показати, що кожен пункт інструкції зі зберігання балонів має кількісне фізичне підґрунтя.

Що потрібно виконати:

- Випишіть паспортні дані реального балона: водяна місткість, робочий і випробувальний тиск, маса заправки.
- Обчисліть масу газу в балоні за рівнянням Клапейрона — Менделєєва та порівняйте з паспортною.
- Визначте тиск у балоні при нагріванні до 50 і 60 °С; обчисліть відносне зростання тиску.
- Оцініть, за якої температури тиск досягне випробувального значення, і зробіть висновок про наявний запас.
- Порівняйте густину обраного газу з густиною повітря та обґрунтуйте вимоги до вентиляції при роботі в замкнених об'ємах.
- Сформулюйте висновок щодо фізичної обґрунтованості нормативних вимог зберігання.

Орієнтир для самоперевірки. Нагрівання на 40 градусів має дати зростання тиску приблизно на 13–14 %. Різке зростання в рази означає підстановку градусів Цельсія замість кельвінів.

Завдання 2.2. Розрахунок попереднього підігріву деталі

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 6

Ви маєте визначити, скільки енергії й часу потребує підігрів, і чим його виконувати.

Що потрібно виконати:

- Оберіть реальну деталь або вузол; визначте масу за геометричними розмірами й густиною матеріалу.
- За маркою сталі та товщиною обґрунтуйте потрібну температуру попереднього підігріву з посиланням на джерело.
- Обчисліть кількість теплоти на підігрів від цехової температури до заданої.
- Визначте потужність нагрівача, що виконає підігрів за заданий час, з урахуванням ККД і втрат на розсіювання.
- Порівняйте два засоби підігріву — газовий пальник та індукційний нагрівник — за потужністю, рівномірністю нагріву й контрольованістю температури.
- Сформулюйте висновок щодо вибору засобу підігріву для вашої деталі.

Орієнтир для самоперевірки. Для сталевих деталей масою кілька десятків кілограмів потрібна теплота має вийти в межах одиниць мегаджоулів, тобто частки кіловат-години. Значення в сотні кіловат-годин означають помилку в масі або в переведенні одиниць.

Завдання 2.3. Підготовка стисненого повітря для плазмового різання

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 7

Ви маєте довести розрахунком, чому лінію стисненого повітря не можна залишати без осушення.

Що потрібно виконати:

- Задайте продуктивність компресора, робочий тиск і параметри цехового повітря: температуру й відносну вологість.
- Обчисліть ступінь стиснення та оцініть температуру повітря після компресора.

- Визначте масу водяної пари в заданому об'ємі атмосферного повітря й масу вологи, що сконденсується при стисненні.
- Перерахуйте результат на годину роботи компресора й подайте у літрах конденсату.
- Опишіть, які наслідки для плазмотрона має потрапляння цієї вологи: стабільність дуги, ресурс сопла й катода, якість різку.
- Сформулюйте висновок щодо складу лінії підготовки повітря.

Орієнтир для самоперевірки. *За зміну роботи компресора середньої продуктивності конденсату має набиратися помітна кількість — одиниці літрів. Якщо вийшли міліграми, перевірте, чи не пропустили ви перехід від одного кубометра до фактичної подачі.*

Завдання 2.4. Погонна енергія й термічний цикл: обґрунтування режиму

Рівень: підвищеної складності, відпрацювання практичного заняття № 8

Ви маєте показати, що вибір режиму є компромісом між двома групами дефектів, а не пошуком «найкращого» числа.

Що потрібно виконати:

- Оберіть марку сталі та товщину; наведіть із довідника рекомендований діапазон погонної енергії.
- Задайте два режими в межах цього діапазону — з мінімальною та максимальною погонною енергією; обчисліть її для обох.
- Оцініть для кожного режиму швидкість охолодження в інтервалі 800–500 °C і зробіть висновок про ризик утворення загартованих структур.
- Оцініть для кожного режиму ширину зони термічного впливу та рівень деформацій.
- Складіть порівняльну таблицю: режим — погонна енергія — швидкість охолодження — ймовірні дефекти.
- Обґрунтуйте, який режим ви призначили б для цієї деталі й за яких умов змінили б рішення.

Орієнтир для самоперевірки. *Два режими мають дати протилежні набори ризиків: низька погонна енергія — холодні тріщини, висока — широка зона термічного впливу й жолоблення. Якщо в обох випадках ризики однакові, діапазон обрано надто вузьким.*

Завдання 2.5. Розрахунок зварювальних деформацій і вибір способу їх зменшення

Рівень: підвищеної складності, відпрацювання практичного заняття № 9

Ви маєте кількісно оцінити, наскільки поведе конструкцію, і обґрунтувати заходи.

Що потрібно виконати:

- Оберіть реальну зварну конструкцію: балку, раму, обичайку; виконайте ескіз із розташуванням швів.
- Обчисліть теплове подовження зони нагріву при заданій температурі та термічне напруження за умови повного защемлення.
- Порівняйте отримане напруження з границею текучості й поясніть, чому пластична деформація неминуча.
- Оцініть очікуваний характер залишкової деформації для вашої конструкції: поздовжнє вкорочення, кутова деформація, жолоблення, грибоподібність.
- Запропонуйте три заходи зі зменшення деформацій і поясніть фізичний механізм дії кожного.
- Окремо проаналізуйте жорстке закріплення в кондукторі: що воно дає й чим за це доводиться платити.
- Сформулюйте висновок щодо послідовності складання й зварювання вашої конструкції.

Орієнтир для самоперевірки. *Термічне напруження при защемленні для сталі й перепаду в кілька сотень градусів має істотно перевищити границю текучості. Якщо вийшло менше, перевірте модуль Юнга: він у гігапаскалях, а не в мегапаскалях.*

МОДУЛЬ III. ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ

Завдання 3.1. Розрахунок зварювального кола та вибір кабелю

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 10

Ви маєте показати, що переріз і довжина кабелю впливають на режим не менше, ніж налаштування джерела.

Що потрібно виконати:

- Задайте струм зварювання, довжину прямого та зворотного кабелів і два варіанти перерізу.
- Обчисліть опір кожного кабелю та сумарне падіння напруги в колі для обох варіантів.
- Визначте, яку частку напруги дуги становить це падіння, і зробіть висновок про допустимість кожного варіанта.
- Обчисліть кількість теплоти, що виділяється в кабелі за годину роботи, та оцініть його нагрівання.
- Окремо розрахуйте тепловиділення в доброму та поганому перехідному контакті зворотного проводу й поясніть механізм лавиноподібного перегріву.
- Сформулюйте висновок щодо вибору перерізу кабелю для вашого поста.

Орієнтир для самоперевірки. *Падіння напруги на правильно підібраному кабелі не повинно перевищувати кількох відсотків напруги дуги. Десятки відсотків означають або занижений переріз, або помилку в питомому опорі.*

Завдання 3.2. Вибір джерела живлення за вольт-амперними характеристиками

Рівень: підвищеної складності, відпрацювання практичного заняття № 11

Ви маєте обґрунтувати вибір джерела через поведінку робочої точки, а не через марку обладнання.

Що потрібно виконати:

- Задайте спосіб зварювання та побудуйте вольт-амперну характеристику дуги за залежністю напруги від довжини дуги.
- Накладіть на неї дві зовнішні характеристики джерела — крутоспадну й жорстку; знайдіть робочі точки.
- Обчисліть зміну струму при випадковому подовженні дуги на 2 мм для обох характеристик.
- Поясніть кількісно, чому саморегулювання дуги працює лише при жорсткій характеристиці.
- Порівняйте три типи джерел — трансформатор, випрямляч, інвертор — за масою, ККД, стабільністю дуги та вимогами до експлуатації.
- Сформулюйте обґрунтований висновок щодо вибору джерела для заданого способу зварювання.

Орієнтир для самоперевірки. *При крутоспадній характеристиці зміна струму від подовження дуги має бути малою, при жорсткій — помітною. Якщо вийшло навпаки, ви переплутали характеристики місцями.*

Завдання 3.3. Розрахунок трансформатора та енергоспоживання дільниці

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 12

Ви маєте перейти від паспортних даних джерел до вибору захисту й живильних кабелів.

Що потрібно виконати:

- Оберіть реальне джерело; за напругою мережі та напругою холостого ходу обчисліть коефіцієнт трансформації та кількість витків вторинної обмотки при заданій первинній.
- Визначте струм у первинній обмотці при номінальному струмі зварювання; перевірте результат балансом потужностей.
- Обчисліть споживану з мережі потужність з урахуванням ККД джерела та коефіцієнта потужності.
- Визначте потрібний номінал автоматичного вимикача й переріз живильного кабелю.
- Виконайте розрахунок для дільниці з кількох постів із урахуванням коефіцієнта одночасності.
- Сформулюйте висновок щодо електропостачання дільниці.

Орієнтир для самоперевірки. *Струм у первинній обмотці має бути в кілька разів меншим за зварювальний, у стільки ж разів, у скільки напруга мережі вища за напругу холостого ходу.*

Завдання 3.4. Порівняльний аналіз магнітних і вихрострумівих методів контролю

Рівень: підвищеної складності

Ви маєте показати, що вибір методу контролю визначається фізичними властивостями матеріалу, а не звичкою лабораторії.

Що потрібно виконати:

- Опишіть фізичну основу магнітопорошкового та вихрострумowego контролю: яке явище лежить в основі кожного.
- Порівняйте методи за типами дефектів, що виявляються, чутливістю, вимогами до підготовки поверхні та продуктивністю.
- Обґрунтуйте, чому магнітопорошковий метод непридатний для аустенітних нержавних сталей, і підтвердьте це через магнітну проникність.
- Поясніть роль точки Кюрі: що станеться з магнітним контролем на попередньо підігрітій деталі.
- Складіть таблицю вибору методу для чотирьох з'єднань: вуглецева сталь, аустенітна сталь, алюміній, різнорідне з'єднання.
- Сформулюйте висновок щодо комплексного застосування методів на вашій ділянці.

Орієнтир для самоперевірки. Для аустенітної сталі й алюмінію магнітопорошковий метод має бути виключений в обох випадках, а вихрострумний — залишитися придатним. Якщо у вас вийшло інакше, перевірте, які матеріали є феромагнетиками.

МОДУЛЬ IV. КОЛИВАННЯ, ХВИЛІ ТА ОПТИКА

Завдання 4.1. Розрахунок параметрів ультразвукового контролю зварного шва

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 13

Ви маєте показати, що висновок дефектоскопіста спирається на звичайний фізичний розрахунок.

Що потрібно виконати:

- Задайте товщину з'єднання й робочу частоту перетворювача; обчисліть довжину ультразвукової хвилі в сталі.
- Визначте час повернення імпульсу від протилежної поверхні та від дефекту на заданій глибині.
- Обчисліть глибину залягання дефекту за заданим часом повернення сигналу.
- Порівняйте дві частоти — 2 і 5 МГц — за роздільною здатністю та глибиною контролю; обґрунтуйте вибір.
- Поясніть роль контактного середовища через відбивання на межі «метал — повітря».
- Сформулюйте висновок щодо застосовності методу для вашого з'єднання.

Орієнтир для самоперевірки. Для листа в кілька десятків міліметрів час повернення має вийти в межах десятків мікросекунд. Мілісекунди означають, що ви застосували швидкість звуку в повітрі замість швидкості в сталі.

Завдання 4.2. Обґрунтування засобів захисту зору зварника

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 14

Ви маєте перевести вимоги з охорони праці на мову фізики й підтвердити їх розрахунком.

Що потрібно виконати:

- Задайте два режими зварювання з різними струмами; за таблицею визначте потрібні номери світлофільтрів.
- Обчисліть потужність теплового випромінювання поверхні ванни за законом Стефана — Больцмана для обох режимів.
- Визначте довжину хвилі максимуму випромінювання за законом Віна й зіставте з видимим кольором металу.
- Обчисліть енергію фотона ультрафіолетового випромінювання та поясніть, чому саме воно спричиняє електроофтальмію.
- Опишіть будову щитка з автоматичним затемненням і поясніть, чому ультрафіолетовий захист у ньому діє навіть у незатемненому стані.
- Сформулюйте висновок щодо комплекту засобів захисту для вашого робочого місця, включно із захистом оточення.

Орієнтир для самоперевірки. Підвищення температури поверхні в півтора раза за абсолютною шкалою має збільшити потужність випромінювання приблизно в п'ять разів. Лінійне зростання означає, що четвертий степінь загублено.

МОДУЛЬ V. АТОМНА ТА ЯДЕРНА ФІЗИКА

Завдання 5.1. Організація гамма-контролю зварних стиків і розрахунок зони огороження

Рівень: підвищеної складності, відпрацювання практичного заняття № 15

Ви маєте спланувати просвічування так, щоб воно було виконуваним і безпечним.

Що потрібно виконати:

- Оберіть об'єкт контролю: кільцеві стики трубопроводу або шви обичайки; задайте товщину металу.
- Обґрунтуйте вибір джерела — іридій-192, селен-75 чи кобальт-60 — за діапазоном товщин і якістю зображення.
- Задайте початкову активність джерела та дату його введення в експлуатацію; обчисліть активність на поточну дату за законом радіоактивного розпаду.
- Визначте, у скільки разів слід подовжити експозицію порівняно з початковою, і оцініть строк заміни джерела.
- За заданою потужністю дози на відстані один метр обчисліть потужність дози на відстанях 5, 10 і 20 метрів; визначте радіус зони, у якій за зміну доза не перевищить встановленої межі.
- Опишіть організаційні заходи: огороження, знаки, час проведення робіт, індивідуальний дозиметричний контроль, порядок повернення джерела в контейнер.
- Сформулюйте висновок щодо організації робіт із просвічування на вашому об'єкті.

Орієнтир для самоперевірки. Радіус зони огороження має вийти в межах десятків метрів. Одиниці метрів означають, що ви застосували лінійну залежність замість закону обернених квадратів.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Завдання, що виконується замість пропущеного практичного заняття, оцінюється за шкалою заняття — максимум 2 бали. Завдання підвищеної складності, зараховане як частина самостійної роботи за напрямками 3–4, оцінюється за шкалою самостійної роботи.

Рівень	Бали	Дескриптор
Висок ий	2	Завдання виконано самостійно й у повному обсязі. Вихідні дані обґрунтовані посиланням на довідкові джерела, робочі формули записано й пояснено, обчислення правильні, розмірність перевірено, правдоподібність оцінено. Здобувач інтерпретує результат, пояснює його фізичний зміст і формулює технічний висновок щодо технології або якості з'єднання. Під час захисту вільно пояснює кожен крок власного розрахунку.
Серед ній	1	Завдання виконано, розрахункова частина правильна, але аналіз описовий: цифри наведено без глибокої інтерпретації або без зв'язку з реальними режимами зварювання. Можливі незначні обчислювальні неточності, що не змінюють суті висновку. Під час захисту потрібні навідні запитання.
Низьк ий	0	Завдання не розкриває теми або містить грубі фізичні помилки: порушено розмірність, використано градуси Цельсія замість кельвінів, результат фізично недостовірний і здобувач цього не помічає. Робота має копілятивний характер або обґрунтовує порушення правил безпечного виконання робіт заради економії. Виявлено академічний плагіат.

Про використання штучного інтелекту.

Використання ШІ, щоб розібратися в темі, перевірити хід міркувань або знайти власну помилку, є допустимим і корисним. Неприпустимим є здавання згенерованого тексту як власної роботи. Критерій простий: якщо ви не можете усно пояснити кожен рядок своєї роботи й відповісти на уточнювальні запитання щодо вихідних даних, робота не зараховується незалежно від правильності цифр. Числові дані завдань індивідуальні, тому чужий розв'язок усе одно не підійде.

Адаптовані умови.

Для здобувачів, які цього потребують, форма захисту може бути змінена: письмовий звіт із відповідями на запитання викладача замість усної співбесіди, індивідуальна консультація замість

виступу перед групою, подовжений термін виконання. Це фіксується в політиці дисципліни й не є винятком чи послугою.