



МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Для відпрацювання пропущених занять, підвищення рейтингового балу та поглибленого вивчення дисципліни

Дисципліна: Фізика (ОК6)

Галузь знань: G — Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність: G4 — Енерговиробництво, спеціалізація G4.02 — Теплоенергетика

Освітньо-професійна програма: «Експлуатація теплотехнічного і теплотехнологічного устаткування і систем теплопостачання»

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 теплоенергетичного обладнання й пояснити, що результат означає на практиці. Робота, у якій є формули й цифри, але немає висновку про вплив на роботу установки, 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 → робочі формули з поясненням позначень → переведення в СІ → обчислення → перевірка розмірності → оцінка правдоподібності → аналіз результату → висновок.
- Довідкові дані беруться з довідників 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 I. МЕХАНІКА ТА ОСНОВИ ГІДРОСТАТИКИ

Завдання 1.1. Енергетичний баланс насосної установки

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 2

Ви маєте обґрунтувати, яку потужність споживає з мережі насосна установка й де саме губиться енергія.

Що потрібно виконати:

- Оберіть реальний насос із доступною технічною документацією; випишіть подачу, напір, ККД і частоту обертання.
- Обчисліть корисну потужність через густину теплоносія, прискорення вільного падіння, напір і об'ємну витрату.
- Послідовно врахуйте ККД насоса, муфти та електродвигуна; визначте потужність на валу й споживану з мережі.
- Побудуйте діаграму розподілу потужності по ланках і визначте, яка ланка дає найбільші втрати.
- Оцініть ефект від підвищення ККД найслабшої ланки на 10 % і порівняйте з таким самим підвищенням для найсильнішої.
- Сформулюйте висновок про послідовність модернізації установки.

Орієнтир для самоперевірки. Ефект від покращення найслабшої ланки має вийти помітно більшим. Якщо результати однакові, перевірте, чи не додали ви ККД замість перемноження.

Завдання 1.2. Гідравлічний розрахунок ділянки трубопроводу та вибір насоса

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 3

Завдання моделює типову ситуацію: треба перевірити, чи справляється наявний насос із заданою ділянкою мережі.

Що потрібно виконати:

- Задайте параметри ділянки: довжину, внутрішній діаметр, матеріал труби, потрібну витрату, геометричну висоту підйому, кількість поворотів і засувки.
- Обчисліть швидкість потоку та число Рейнольдса, визначте режим течії й обґрунтуйте вибір формули для розрахунку опору.
- Розрахуйте втрати напору на тертя по довжині та на місцевих опорах окремо.
- Визначте потрібний напір насоса та його корисну й споживану потужність.
- Дослідіть, як зміняться втрати напору при зменшенні внутрішнього діаметра на 20 % через відкладення.
- Сформулюйте висновок щодо необхідності водопідготовки, підкріпивши його числом.

Орієнтир для самоперевірки. Приріст втрат від заростання труби має бути значним, а не на кілька відсотків: залежність від діаметра дуже сильна.

Завдання 1.3. Перевірка міцності стінки трубопроводу та обґрунтування періодичності товщинометрії

Рівень: підвищеної складності

Ви виступаєте в ролі техника, який має обґрунтувати, чи безпечна подальша експлуатація ділянки з виявленим корозійним стоншенням.

Що потрібно виконати:

- Задайте параметри труби: зовнішній діаметр, проектну товщину стінки, робочий тиск, марку сталі та її границю текучості.
- Обчисліть кільцеве й поздовжнє напруження в стінці за проектною товщиною та визначте фактичний запас міцності.
- Визначте мінімально допустиму товщину стінки для нормативного запасу міцності.
- За заданою швидкістю корозії обчисліть залишковий ресурс ділянки до досягнення мінімально допустимої товщини.
- Врахуйте зниження границі текучості для гарячої ділянки паропроводу й повторіть розрахунок.
- Обґрунтуйте періодичність контролю товщини стінки та сформулюйте висновок щодо допустимості подальшої експлуатації.

Орієнтир для самоперевірки. Кільцеве напруження має вийти вдвічі більшим за поздовжнє. Якщо навпаки — перевірте формулу.

МОДУЛЬ II. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА

Завдання 2.1. Тепловий баланс приміщення та вибір потужності опалювального приладу

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 8

Ви обґрунтовуєте потужність опалювального приладу для конкретного приміщення, а не берете її за аналогією.

Що потрібно виконати:

- Оберіть реальне приміщення та визначте його геометричні розміри, площу вікон і зовнішніх стін.
- За довідковими коефіцієнтами теплопровідності обчисліть термічний опір і тепловтрати через кожну огорожувальну конструкцію окремо.
- Обчисліть сумарний тепловий потік для розрахункової температури зовнішнього повітря для м. Дніпра.
- Визначте, яка конструкція дає найбільшу частку тепловтрат, і запропонуйте захід зі зменшення з кількісною оцінкою ефекту.
- Зробіть висновок про потрібну потужність приладу з обґрунтуванням прийнятого запасу.

Орієнтир для самоперевірки. Найбільша частка тепловтрат майже завжди припадає на вікна, попри їх меншу площу. Якщо вийшло інакше, перевірте коефіцієнти й товщини шарів.

Завдання 2.2. Порівняльний аналіз реального ККД котлоагрегата та ідеального циклу Карно

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 7

Мета — зрозуміти, що обмежує ефективність теплової установки принципово, а що конструктивно.

Що потрібно виконати:

- Оберіть реальний котлоагрегат із доступною документацією; випишіть паспортний ККД, температуру в топці й температуру відхідних газів.
- Обчисліть ККД ідеального циклу Карно для тих самих температурних меж.
- Визначте, яку частку від теоретично можливого становить реальний ККД.
- Класифікуйте втрати установки на принципові, заборонені другим законом термодинаміки, і технічні, усувні.
- Складіть якісну діаграму теплового балансу котла із зазначенням часток статей втрат.
- Запропонуйте два заходи зі зменшення технічних втрат і оцініть їх ефект хоча б якісно.

Орієнтир для самоперевірки. Реальний ККД має бути помітно нижчим за карнотівський. Якщо вийшло навпаки, температури підставлено в градусах Цельсія замість кельвінів.

Завдання 2.3. Розрахунок теплового подовження трубопроводу та підбір компенсатора

Рівень: підвищеної складності, відпрацювання практичного заняття № 9

Завдання пояснює фізичну причину аварій, які стаються саме після пуску теплотраси.

Що потрібно виконати:

- Задайте схему ділянки теплотраси: довжину, діаметр, матеріал труби, температуру монтажу й робочу температуру теплоносія.
- Обчисліть теплове подовження ділянки за коефіцієнтом лінійного розширення.
- Визначте температурне напруження в разі повного защемлення та порівняйте з границею текучості сталі.
- Перевірте, чи зміниться напруження, якщо довжину ділянки подвоїти, і поясніть отриманий результат.
- Обґрунтуйте вибір типу компенсатора та розставте нерухомі й рухомі опори на схемі траси.
- Поясніть, що станеться при відсутності нерухомої опори й при її неправильному розміщенні.

Орієнтир для самоперевірки. Температурне напруження має вийти на рівні границі текучості конструкційної сталі. Довжина ділянки у формулу не входить — це не помилка, а фізичний факт.

Завдання 2.4. Розрахунок горіння та обґрунтування коефіцієнта надлишку повітря

Рівень: підвищеної складності

Ви налагоджуєте режим пальника й обґрунтовуєте, у який бік регулювати подачу повітря.

Що потрібно виконати:

- Задайте вид палива та його нижчу теплоту згоряння; визначте теоретично потрібну кількість повітря на одиницю палива.
- Обчисліть фактичний об'єм повітря для трьох значень коефіцієнта надлишку та відповідні об'єми димових газів.
- Оцініть втрати з відхідними газами для кожного випадку за заданої температури газів.
- Побудуйте якісний графік залежності ККД котла від коефіцієнта надлишку повітря й покажіть на ньому оптимум.
- Опишіть, які покази газоаналізатора відповідають кожній з трьох ситуацій: недостатнє повітря, оптимум, надлишок.
- Сформулюйте висновок про напрямок регулювання для кожного випадку.

Орієнтир для самоперевірки. Графік має мати максимум, а не зростати чи спадати монотонно. Оптимум для газових котлів лежить приблизно в діапазоні 1,05–1,15.

МОДУЛЬ III. ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ

Завдання 3.1. Розрахунок і конструювання електронагрівального елемента

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 10

Ви проєктуєте нагрівальний елемент заданої потужності й обґрунтовуєте кожен вибір фізично.

Що потрібно виконати:

- Задайте потрібну потужність нагрівача та напругу живлення; обчисліть робочий струм і потрібний опір.
- Оберіть матеріал спіралі й обґрунтуйте вибір через питомий опір і робочу температуру.
- Визначте довжину дроту для кількох варіантів перерізу та оберіть оптимальний з урахуванням допустимої густини струму.
- Оцініть зміну опору й фактичної потужності при нагріванні до робочої температури.
- Обчисліть час нагрівання заданого об'єму води з урахуванням ККД установки.
- Порівняйте кінцеву ефективність електронагріву, газового котла й теплового насоса від спаленого палива до теплоти в приміщенні.

Орієнтир для самоперевірки. Потужність, розрахована за холодним опором, вийде вищою за фактичну робочу. Це системна розбіжність, а не випадкова.

Завдання 3.2. Втрати електроенергії в лінії живлення та обґрунтування напруги передачі

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 12

Мета — отримати кількісне, а не риторичне пояснення того, чому енергетика побудована на високій напрузі.

Що потрібно виконати:

- Задайте потужність споживання котельні, довжину лінії, матеріал і переріз проводу; обчисліть опір лінії.
- Обчисліть втрати потужності при передачі під напругою 380 В, 6 кВ і 10 кВ; подайте результати у зведеній таблиці з частками від переданої потужності.
- Побудуйте графік залежності втрат від напруги передачі та поясніть характер кривої.
- Оцініть, який переріз мідного проводу знадобився б, щоб при 380 В отримати такі самі втрати, як при 10 кВ, і прокоментуйте практичну реалізованість.
- Сформулюйте висновок щодо ролі трансформаторної підстанції в системі електропостачання підприємства.

Орієнтир для самоперевірки. Різниця у втратах між 380 В і 10 кВ становить кілька порядків, а не десятки відсотків. Потрібний переріз виходить абсурдно великим — це і є суть відповіді.

Завдання 3.3. Енергетичний ефект частотного регулювання приводів

Рівень: підвищеної складності

Завдання показує, чому частотне регулювання вважають одним із найдієвіших енергозберігальних заходів у котельнях.

Що потрібно виконати:

- Задайте параметри насоса: номінальну подачу, напір, потужність і частоту обертання.
- За законами подібності обчисліть подачу, напір і споживану потужність при зниженні обертів на 10, 20 і 30 відсотків.
- Побудуйте графіки залежності трьох величин від частоти обертання й поясніть різний характер кривих.
- Розрахуйте споживану потужність при дросельному регулюванні до тієї самої подачі й порівняйте з частотним.
- Оцініть річну економію електроенергії за заданого графіка навантаження.
- Поясніть фізично, куди дівається енергія при дросельному регулюванні засувкою.

Орієнтир для самоперевірки. Зниження обертів на 20 % має дати зменшення потужності приблизно вдвічі. Якщо вийшло 20 %, ви застосували лінійну залежність замість кубічної.

Завдання 3.4. Порівняльний аналіз засобів вимірювання температури

Рівень: підвищеної складності, відпрацювання практичного заняття № 11

Мета — навчитися обирати датчик під конкретну задачу, спираючись на фізичний принцип, а не на ціну в каталозі.

Що потрібно виконати:

- Оберіть три засоби вимірювання: термометр опору, термопару та пірометр; опишіть фізичний принцип кожного з посиленням на закон або ефект.
- Складіть порівняльну таблицю за діапазоном, точністю, інерційністю, потребою в контакті з середовищем і вимогами до монтажу.
- Для термопари обчисліть термо-ЕРС за заданої різниці температур і похибку від неврахування температури холодного спаю.
- Для термометра опору обчисліть похибку від опору з'єднувальних проводів і порівняйте Pt100 із Pt1000.
- Для пірометра оцініть похибку при невірному заданому ступені чорноти поверхні.
- Для трьох точок вимірювання — топка котла, подавальний трубопровід, контактне з'єднання в щиті — обґрунтовано оберіть засіб і поясніть вибір.

Орієнтир для самоперевірки. Три задачі виводять на три різні датчики, причому з різних причин: температура, точність і небезпека наближення.

МОДУЛІ IV–V. КОЛИВАННЯ, ХВИЛІ, ОПТИКА, АТОМНА ТА ЯДЕРНА ФІЗИКА

Завдання 4.1. Аналіз вібраційного стану агрегата та перевірка на резонанс

Рівень: підвищеної складності, відпрацювання практичного заняття № 13

Ви розбираєтеся, чому агрегат почав сильно вібрувати, і пропонуєте рішення.

Що потрібно виконати:

- Задайте параметри агрегата: частоту обертання, масу ротора, величину залишкового дисбалансу.
- Обчисліть частоту збуджувальної сили та її величину; визначте, як вона зміниться при зміні обертів.
- За заданою власною частотою опори оцініть близькість системи до резонансу й поясніть наслідки.
- Запропонуйте два принципово різні способи виведення системи з резонансу та обґрунтуйте кожен формулою власної частоти.
- Поясніть, чому встановлення віброопор зменшує амплітуду, але не зміщує резонансну частоту.
- Сформулюйте висновок щодо порядку дій при виявленні підвищеної вібрації.

Орієнтир для самоперевірки. Обидва способи мають впливати з формули власної частоти: або змінюємо частоту збудження, або жорсткість чи масу системи.

Завдання 4.2. Розрахунок гідравлічного удару та обґрунтування часу закриття арматури

Рівень: підвищеної складності

Завдання пояснює аварію, у якій трубопровід розірвало при нормальному робочому тиску.

Що потрібно виконати:

- Задайте параметри ділянки: довжину, діаметр, швидкість потоку, робочий тиск, матеріал труби.
- Обчисліть стрибок тиску при миттєвому закритті засувки за формулою Жуковського та порівняйте з робочим тиском.
- Визначте час пробігу хвилі до кінця ділянки і назад; обчисліть мінімально допустимий час закриття арматури.
- Дослідіть, як зміниться стрибок тиску при зменшенні швидкості потоку вдвічі.
- Перевірте, чи витримає стінка трубопроводу отриманий стрибок тиску, за формулою кільцевого напруження.
- Складіть перелік технічних засобів запобігання гідроудару з фізичним обґрунтуванням кожного.

Орієнтир для самоперевірки. Стрибок тиску має вийти в рази більшим за робочий тиск мережі. Саме тому гідроудар руйнує труби, які роками працювали нормально.

Завдання 4.3. Розрахунок променистих тепловтрат та економічне обґрунтування ізоляції

Рівень: базовий, відпрацювання практичного заняття № 14

Завдання показує, у що обходиться неізольована гаряча поверхня за опалувальний сезон.

Що потрібно виконати:

- Оберіть реальний об'єкт: ділянку паропроводу, стінку котла або бак-акумулятор; визначте площу, робочу температуру й температуру повітря.
- За довідником визначте ступінь чорноти поверхні для її фактичного стану й обґрунтуйте вибір значення.
- Обчисліть потужність променистих тепловтрат, а окремо оцініть конвективну складову.
- Перерахуйте втрати в енергію за опалувальний сезон та в еквівалентну кількість палива.
- Розрахуйте тепловтрати після нанесення ізоляції заданої товщини й визначте орієнтовний строк окупності.
- Зробіть висновок про співвідношення променистої та конвективної складових для вашого об'єкта.

***Орієнтир для самоперевірки.** Для поверхонь із температурою понад 150 °C променева складова стає співмірною з конвективною або перевищує її.*

Завдання 4.4. Проектний розрахунок фотоелектричної установки

Рівень: підвищеної складності

Завдання виводить на тематику дисципліни ОК27 і вчить відрізняти паспортні показники від реального вироблення.

Що потрібно виконати:

- Визначте добове й річне енергоспоживання обраного об'єкта.
- Знайдіть значення середньомісячної інсоляції для Дніпропетровської області та наведіть джерело даних.
- Обчисліть потрібну площу модулів і сумарну паспортну потужність за заданого ККД.
- Врахуйте чинники зниження вироблення: нагрівання панелі, забруднення, відхилення кута падіння, втрати в інверторі; обґрунтуйте прийняті коефіцієнти.
- Побудуйте графік місячного вироблення протягом року та зіставте його з графіком споживання об'єкта.
- Сформулюйте висновок щодо доцільності установки й потреби в резервному джерелі.

***Орієнтир для самоперевірки.** Літнє вироблення перевищує зимове в кілька разів, тоді як споживання котельні має протилежний характер. Ця розбіжність — головний аргумент у висновку.*

Завдання 5.1. Організація радіографічного контролю зварних стиків і розрахунок зони огороження

Рівень: підвищеної складності, відпрацювання практичного заняття № 15

Ви обґрунтовуєте розмір зони огороження розрахунком, а не посиланням на інструкцію.

Що потрібно виконати:

- Задайте параметри джерела: потужність дози на відстані одного метра, тривалість експозиції, кількість стиків за зміну.
- Обчисліть дозу, яку отримає працівник на заданій відстані за час роботи.

- Визначте, на якій відстані потужність дози знизиться до допустимого рівня, і обґрунтуйте розмір зони огороження.
- Порівняйте ефективність двох заходів: скорочення часу роботи вдвічі та збільшення відстані вдвічі; поясніть різницю фізично.
- Оцініть ефект від застосування захисного екрана заданої товщини.
- Порівняйте радіографічний і ультразвуковий контроль за типами дефектів, які вони виявляють, і поясніть, чому для відповідальних стиків застосовують обидва.

Орієнтир для самоперевірки. Збільшення відстані вдвічі зменшує дозу вчетверо, а скорочення часу вдвічі — лише вдвічі. Захист відстанню дієвіший, і це прямий наслідок 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
Високий	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 роботи обладнання. Під час захисту вільно пояснює кожен крок власного розрахунку.
Середній	1	Завдання виконано, розрахункова частина правильна, але аналіз описовий: цифри наведено без глибокої інтерпретації або без зв'язку з реальними режимами роботи обладнання. Можливі незначні обчислювальні неточності, що не змінюють суті висновку. Під час захисту потрібні навідні запитання.
Низький	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 безпечної експлуатації 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.

Розробник:

Викладач фізики ЗПО «ДПТК»

_____ / Володимир ДЗЮБАНОВ

«__» _____ 2026 р.