

ЗАТВЕРДЖЕНО
 Заступник директора з НВР ЗНЗ «ДПТК»
 Сергій БЕРДІЄНО
 «28» серпня 2026 р.

МЕТОДИЧНІ РОЗРОБКИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

15 практичних занять, 30 годин аудиторного часу

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

Практичне заняття є основною формою формування розрахункових навичок здобувача. Кожне заняття триває дві академічні години й оцінюється максимально у 2 бали; сумарно за 15 занять здобувач може набрати 30 балів — 18 у першій половині семестру (9 занять за модулями I–II) та 12 у другій (6 занять за модулями III–V).

Заняття побудовані за єдиною логікою: спершу здобувач доводить розрахунок до числа, потім перевіряє розмірність і правдоподібність, і лише тоді формулює висновок про те, що результат означає для роботи обладнання. Розрахунок без висновку не зараховується як повний.

Числові дані індивідуалізуються за варіантами. Один варіант на групу гарантує списування незалежно від будь-яких політик.

Розподіл занять за модулями:

Модуль	Назва	Занять	Годин
I	Механіка та основи гідростатики	4 (П1–П4)	8
II	Молекулярна фізика і термодинаміка	5 (П5–П9)	10
III	Електрика і магнетизм	3 (П10–П12)	6
IV	Коливання, хвилі та оптика	2 (П13–П14)	4
V	Атомна та ядерна фізика	1 (П15)	2
	РАЗОМ	15	30

МОДУЛЬ I. МЕХАНІКА ТА ОСНОВИ ГІДРОСТАТИКИ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Задачі з кінематики й динаміки. Рух тіла під дією кількох сил

Спирається на: Лекцію 2 | **Обсяг:** 2 год | **Оцінка:** макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити застосовувати закони Ньютона до системи тіл, переходити від кутових характеристик обертання до лінійних і обчислювати відцентрові сили.

Методологічна: Сформувати звичку починати розв'язання з рисунка з розставленими силами, а не з пошуку формули.

Професійно-адаптивна: Показати, звідки беруться навантаження на підшипники насоса й чому балансування ротора виконують на робочих обертах.

Хід заняття

1. Актуалізація: викладач показує паспортну табличку насоса й пропонує групі назвати, які з величин на ній є фізичними характеристиками.
2. Розбір біля дошки: перехід від обертів за хвилину до кутової швидкості й лінійної швидкості на периферії колеса. Акцент на діленні на 60.
3. Розбір задачі на рух зв'язаних тіл: рисунок, розстановка сил, запис другого закону для кожного тіла, розв'язання системи.
4. Обчислення відцентрової сили від залишкового дисбалансу для двох частот обертання — демонстрація квадратичної залежності.
5. Самостійне виконання за індивідуальними варіантами, взаємоперевірка в парах.
6. Підсумок: три найтипівіші помилки заняття, записані в конспект.

Завдання для здобувачів

- Визначити кутову й лінійну швидкість точки на ободі робочого колеса за заданою частотою обертання.
- Обчислити доцентрове прискорення й відцентрову силу від заданого дисбалансу.
- Визначити, у скільки разів зміниться ця сила при подвоєнні обертів, і пояснити практичний наслідок.
- Розв'язати задачу на систему зв'язаних тіл із урахуванням тертя.

Очікуваний результат. *Здобувач пояснює, чому вимоги до балансування різко зростають із частотою обертання, спираючись на отримані числа.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

Розрахунок роботи, потужності та ККД насосної установки

Спирається на: Лекцію 3 | **Обсяг:** 2 год | **Оцінка:** макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити обчислювати корисну потужність насоса та споживану потужність із урахуванням ККД усіх ланок.

Методологічна: Закріпити правило перемноження ККД послідовно з'єднаних елементів.

Професійно-адаптивна: Показати, як шукати найслабшу ланку в енергетичному ланцюзі й чому саме з неї треба починати модернізацію.

Хід заняття

1. Актуалізація: питання групі — двигун має ККД 0,9, насос 0,8. Який ККД у системи? Збір версій, серед яких неодмінно буде 0,85.
2. Розбір біля дошки: обчислення корисної потужності насоса через густину, напір і витрату.
3. Послідовне врахування ККД двигуна, муфти й насоса; побудова діаграми розподілу потужності.
4. Порівняння двох сценаріїв модернізації: покращення найкращої ланки і покращення найгіршої. Кількісний висновок.
5. Самостійне виконання за варіантами.
6. Підсумкове обговорення: як зміниться споживана потужність при зношенні робочого колеса.

Завдання для здобувачів

- Обчислити корисну потужність насоса за заданими подачею й напором.
- Визначити потужність на валу та споживану з мережі з урахуванням ККД ланцюга.
- Побудувати діаграму втрат потужності по ланках.
- Оцінити ефект від підвищення ККД найслабшої ланки на 10 % і порівняти з таким самим підвищенням для найсильнішої.

Очікуваний результат. *Здобувач самостійно доходить висновку, що модернізацію починають із найслабшої ланки, і підкріплює його числом.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

Розрахунок тиску, напору та витрати теплоносія в трубопроводі

Спирається на: Лекцію 4 | **Обсяг:** 2 год | **Оцінка:** макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити застосовувати рівняння нерозривності й рівняння Бернуллі, обчислювати втрати напору по довжині та місцеві.

Методологічна: Сформувати чітке розрізнення абсолютного й надлишкового тиску та оборотного й необоротного падіння тиску.

Професійно-адаптивна: Показати, чому заростання труби так різко збільшує навантаження на насос.

Хід заняття

1. Актуалізація: манометр на котлі показує 0,6 МПа. Який тиск підставляти в рівняння стану газу? Розбір типової помилки.
2. Розбір біля дошки: обчислення швидкості й витрати за рівнянням нерозривності для ділянок різного діаметра.
3. Застосування рівняння Бернуллі до звуженої ділянки; пояснення, чому падіння тиску тут оборотне.
4. Обчислення числа Рейнольдса, визначення режиму течії, розрахунок втрат напору на тертя та на місцевих опорах.
5. Дослідження: як зміняться втрати при зменшенні внутрішнього діаметра на 20 % через відкладення.

6. Самостійне виконання за варіантами.

Завдання для здобувачів

- Обчислити гідростатичний тиск на заданій глибині й перевести покази манометра в абсолютний тиск.
- Визначити швидкість і витрату теплоносія на двох ділянках різного діаметра.
- Розрахувати число Рейнольдса та обґрунтувати вибір формули для втрат напору.
- Обчислити повні втрати напору на ділянці та потрібний напір насоса.
- Оцінити зростання втрат при заростанні труби й сформулювати висновок щодо водопідготовки.

Очікуваний результат. *Здобувач розрізняє падіння тиску на звуженні й втрати на тертя та пояснює, чому лише другі компенсує насос.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

Розрахунок напружень у стінці трубопроводу під внутрішнім тиском

Спирається на: Лекцію 5 | **Обсяг:** 2 год | **Оцінка:** макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити обчислювати кільцеве напруження в стінці труби й порівнювати його з допустимим із урахуванням запасу міцності.

Методологічна: Сформулювати розуміння того, що руйнується не від сили, а від напруження.

Професійно-адаптивна: Показати кількісно, чим небезпечне корозійне стоншення стінки.

Хід заняття

1. Актуалізація: чому труби під внутрішнім тиском тріскаються вздовж, а не поперек? Збір версій до пояснення.
2. Виведення біля дошки формули кільцевого напруження через рівновагу половини труби; порівняння з поздовжнім напруженням.
3. Розрахунок для заданих параметрів труби; зіставлення з границею текучості сталі та визначення фактичного запасу міцності.
4. Дослідження: як зміниться напруження при стоншенні стінки на чверть через корозію.
5. Обговорення впливу температури: чому для гарячих ділянок допустимі напруження приймають нижчими.
6. Самостійне виконання за варіантами.

Завдання для здобувачів

- Обчислити кільцеве й поздовжнє напруження в стінці труби за заданими діаметром, товщиною та тиском.
- Визначити запас міцності відносно границі текучості й оцінити його достатність.
- Розрахувати мінімально допустиму товщину стінки для заданого запасу.
- Визначити, на скільки зросте напруження при корозійному стоншенні стінки на 25 %, і сформулювати висновок щодо періодичності товщинометрії.

Очікуваний результат. *Здобувач пояснює, чому труба, що роками працювала нормально, може зруйнуватися без жодного зростання тиску.*

МОДУЛЬ II. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

Газові закони. Розрахунок параметрів газоподібного палива та повітря

Спирається на: Лекцію 6 | **Обсяг:** 2 год | **Оцінка:** макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити застосовувати рівняння стану ідеального газу й газові закони до реальних задач обліку палива й підготовки повітря на горіння.

Методологічна: Викорінити підстановку температури в градусах Цельсія.

Професійно-адаптивна: Показати, як приводять об'єм газу до нормальних умов і навіщо це потрібно для комерційного обліку.

Хід заняття

1. Актуалізація: лічильник показав 1000 кубометрів газу взимку і влітку. Чи однакову кількість енергії отримало підприємство? Обговорення.
2. Розбір біля дошки: приведення об'єму газу до нормальних умов за об'єднаним газовим законом.
3. Розрахунок об'єму повітря, потрібного на горіння заданої кількості газу, з урахуванням коефіцієнта надлишку.
4. Задача на ізохорне нагрівання балона; обговорення вимог до зберігання балонів.
5. Самостійне виконання за варіантами; окремий контроль переведення температури в кельвіни.
6. Підсумок: чому для насиченої пари ці формули не працюють.

Завдання для здобувачів

- Привести вимірний об'єм газу до нормальних умов за заданими тиском і температурою.
- Обчислити тиск у балоні після нагрівання при сталому об'ємі.
- Визначити теоретичний і фактичний об'єм повітря на горіння заданої кількості палива.
- Побудувати графік ізопроцесу за результатами розрахунку.

Очікуваний результат. *Здобувач самостійно переводить температуру в кельвіни й пояснює, чому саме рівняння стану непридатне для насиченої пари.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

Рівняння теплового балансу. Розрахунок кількості теплоти

Спирається на: Лекцію 7 | **Обсяг:** 2 год | **Оцінка:** макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити складати рівняння теплового балансу й обчислювати теплоту нагрівання та фазового переходу.

Методологічна: Сформувати навичку правильного застосування правила знаків у першому законі термодинаміки.

Професійно-адаптивна: Показати, чому пароутворення, а не нагрівання визначає потужність парової установки.

Хід заняття

1. Актуалізація: чого потрібно більше теплоти — нагріти воду від 20 до 100 градусів чи перетворити її на пару? Голосування, потім перевірка розрахунком.
2. Розбір біля дошки повного циклу нагрівання й пароутворення з побудовою графіка температури від наданої теплоти.
3. Складання балансу теплообмінного апарата: за трьома температурами й витратами визначити четверту.
4. Врахування ККД апарата й тепловтрат у навколишнє середовище.
5. Самостійне виконання за варіантами.
6. Порівняння результатів у групі: у всіх варіантів частка теплоти на пароутворення виявилася найбільшою.

Завдання для здобувачів

- Обчислити теплоту, потрібну для нагрівання заданої маси води до кипіння, і теплоту повного пароутворення.
- Визначити частку кожної складової й побудувати графік.
- Скласти рівняння теплового балансу теплообмінника й визначити невідому температуру.
- Обчислити час процесу за заданої корисної потужності джерела.

Очікуваний результат. *Здобувач бачить на графіку горизонтальну ділянку фазового переходу й пояснює її фізичний зміст.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

Розрахунок ККД теплового двигуна та коефіцієнта перетворення теплового насоса

Спирається на: Лекцію 8 | **Обсяг:** 2 год | **Оцінка:** макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити обчислювати ККД циклу Карно й реальної установки, а також коефіцієнт перетворення теплового насоса.

Методологічна: Сформувати вміння розділяти принципові та технічні втрати установки.

Професійно-адаптивна: Показати кількісно, чому тепловий насос ефективніший за електронагрів і чому його ефективність падає в мороз.

Хід заняття

1. Актуалізація: чому неможливо побудувати котел із ККД 100 %, маючи навіть ідеальні матеріали?
2. Розбір біля дошки: обчислення ККД циклу Карно й зіставлення з паспортним ККД реальної установки; визначення частки від теоретично можливого.
3. Класифікація втрат у таблиці: принципові, заборонені другим законом, і технічні, усунівні.
4. Розрахунок коефіцієнта перетворення теплового насоса для двох температурних режимів — м'яка зима і сильний мороз.
5. Порівняння трьох способів отримання теплоти: газовий котел, електронагрів, тепловий насос — з урахуванням ККД виробництва електроенергії.
6. Самостійне виконання за варіантами.

Завдання для здобувачів

- Обчислити ККД ідеальної теплової машини для заданих температур і порівняти з реальним.
- Розподілити втрати установки на принципові та технічні.
- Визначити коефіцієнт перетворення теплового насоса для двох температур зовнішнього повітря.
- Скласти порівняльну таблицю трьох способів отримання теплоти за кінцевою ефективністю від палива до приміщення.

Очікуваний результат. *Здобувач перевіряє результат на достовірність: реальний ККД не може перевищувати карнотівський.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

Розрахунок тепловтрат через огорожувальну конструкцію та ізолюваний трубопровід

Спирається на: Лекцію 9 | **Обсяг:** 2 год | **Оцінка:** макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити обчислювати тепловий потік через багатошарову плоску й циліндричну стінку через суму термічних опорів.

Методологічна: Сформувати навичку пошуку найслабшого шару конструкції за термічним опором.

Професійно-адаптивна: Показати, чому існує оптимальна товщина ізоляції й чому нарощувати її нескінченно недоцільно.

Хід заняття

1. Актуалізація: що дасть більший ефект — утеплити стіну чи замінити вікна такої самої площі? Збір версій.
2. Розбір біля дошки: розрахунок багатошарової конструкції через суму термічних опорів; аналогія з послідовним з'єднанням резисторів.
3. Порівняння часток тепловтрат через стіну, вікно й перекриття; висновок про найслабший елемент.
4. Розрахунок тепловтрат ізолюваного трубопроводу й дослідження залежності від товщини ізоляції.
5. Побудова графіка залежності тепловтрат від товщини; обговорення оптимуму й строку окупності.
6. Самостійне виконання за варіантами.

Завдання для здобувачів

- Обчислити термічний опір кожного шару конструкції та сумарний опір.
- Визначити тепловий потік через конструкцію за заданої різниці температур.
- Порівняти частки тепловтрат через різні елементи огороження й назвати найслабший.
- Розрахувати тепловтрати трубопроводу для трьох товщин ізоляції та побудувати графік.
- Оцінити сезонні втрати в еквіваленті палива й строк окупності ізоляції.

Очікуваний результат. *Здобувач пояснює, чому подвоєння товщини ізоляції не зменшує втрати вдвічі.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 9

Розрахунок теплового подовження трубопроводу та підбір компенсатора

Спирається на: Лекцію 11 | Обсяг: 2 год | Оцінка: макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити обчислювати теплове подовження ділянки трубопроводу й температурні напруження в защемленій ділянці.

Методологічна: Сформувати розуміння того, що напруження не залежить від довжини ділянки.

Професійно-адаптивна: Показати фізичну причину аварій, які стаються саме після пуску теплотраси.

Хід заняття

1. Актуалізація: опис реальної ситуації — після пуску на ділянці зірвало опору й деформувало компенсатор. Що сталося?
2. Розбір біля дошки: обчислення подовження ділянки за коефіцієнтом лінійного розширення.
3. Виведення формули температурного напруження через закон Гука; акцент на тому, що довжина в неї не входить.
4. Порівняння отриманого напруження з границею текучості сталі; кількісний висновок про неминучість руйнування.
5. Огляд типів компенсаторів і ролі нерухомих та рухомих опор; обговорення наслідків помилки в розстановці опор.
6. Самостійне виконання за варіантами.

Завдання для здобувачів

- Обчислити теплове подовження ділянки трубопроводу заданої довжини при нагріванні до робочої температури.
- Визначити температурне напруження в разі повного защемлення ділянки.
- Порівняти напруження з границею текучості й сформулювати висновок.
- Обґрунтувати вибір типу компенсатора та кількість нерухомих опор для заданої схеми траси.
- Перевірити, чи зміниться напруження, якщо довжину ділянки подвоїти.

Очікуваний результат. *Здобувач пояснює, чому защемлена ділянка руйнує себе сама, без жодного зовнішнього навантаження.*

МОДУЛЬ III. ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 10

Розрахунок електричних кіл та потужності електронагрівальних приладів

Спирається на: Лекцію 14 | **Обсяг:** 2 год | **Оцінка:** макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити розраховувати кола зі змішаним з'єднанням і застосовувати закон Джоуля — Ленца до задач електронагріву.

Методологічна: Сформувати звичку перевіряти розв'язок балансом потужностей.

Професійно-адаптивна: Показати, чому розрахунок нагрівача за холодним опором систематично завищує потужність.

Хід заняття

1. Актуалізація: вимірний холодний опір ТЕНа й опір, обчислений за паспортною потужністю, не збігаються. Чому?
2. Розбір біля дошки алгоритму згортання схеми зі змішаним з'єднанням і зворотного розгортання до окремих гілок.
3. Перевірка балансом потужностей як обов'язковий крок.
4. Розрахунок нагрівального елемента: опір, струм, довжина й переріз дроту; врахування зміни опору при нагріванні.
5. Обчислення часу нагрівання заданого об'єму води з урахуванням ККД установки.
6. Самостійне виконання за варіантами.

Завдання для здобувачів

- Визначити загальний опір кола зі змішаним з'єднанням, струми в усіх гілках і напруги на ділянках.
- Перевірити розв'язок балансом потужностей.
- Розрахувати опір і струм ТЕНа заданої потужності; підібрати матеріал, довжину й переріз дроту.
- Оцінити зміну фактичної потужності при нагріванні елемента до робочої температури.
- Обчислити час нагрівання заданого об'єму води.

Очікуваний результат. *Здобувач самостійно знаходить власну помилку балансом потужностей, не чекаючи перевірки викладачем.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 11

Задачі на термопари та термоопори. Опрацювання градуювальних характеристик

Спирається на: Лекцію 15 | **Обсяг:** 2 год | **Оцінка:** макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити визначати температуру за термо-ЕРС і за опором датчика, користуючись градуювальними характеристиками.

Методологічна: Сформувати навичку оцінювання систематичних похибок вимірювання температури.

Професійно-адаптивна: Показати, як обирають датчик під конкретну точку контролю і чому правила його встановлення не є формальністю.

Хід заняття

1. Актуалізація: чому в топку котла не поставити термометр опору, а на подавальний трубопровід — можна?
2. Розбір біля дошки: обчислення термо-ЕРС термопари та зворотна задача визначення температури за градуювальною таблицею.
3. Розрахунок похибки від неврахування температури холодного спаю; обговорення сезонного характеру цього зміщення.
4. Визначення температури за опором Pt100; обчислення похибки від опору з'єднувальних проводів і порівняння з Pt1000.
5. Складання порівняльної таблиці трьох засобів вимірювання за діапазоном, точністю та інерційністю.
6. Самостійне виконання за варіантами.

Завдання для здобувачів

- Обчислити термо-ЕРС термопари за заданої різниці температур спаїв.
- Визначити похибку вимірювання, якщо температура холодного спаю зросла на задану величину й це не враховано.
- Визначити температуру за виміряним опором платинового датчика.
- Обчислити похибку від опору з'єднувальних проводів для Pt100 і Pt1000, порівняти результати.
- Обґрунтовано обрати засіб вимірювання для трьох точок: топка котла, подавальний трубопровід, контактне з'єднання в щиті.

Очікуваний результат. *Здобувач пояснює, чому похибка від холодного спаю є систематичною і чому вона зростає влітку.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 12

Розрахунок трансформатора та потужності електроприводу

Спирається на: Лекцію 17 | **Обсяг:** 2 год | **Оцінка:** макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити розраховувати параметри трансформатора, втрати в лінії та потужності в колі змінного струму.

Методологічна: Сформувати розуміння коефіцієнта потужності як економічної характеристики підприємства.

Професійно-адаптивна: Показати кількісно ефект частотного регулювання приводів насосів і вентиляторів.

Хід заняття

1. Актуалізація: чому щитовий вольтметр показує 230 В, якщо амплітудна напруга близько 325 В?
2. Розбір біля дошки: розрахунок трансформатора за кількістю витків, потужністю навантаження й ККД.
3. Обчислення втрат у лінії при двох напругах передачі; демонстрація різниці на порядки.
4. Розрахунок активної, реактивної та повної потужності електропривода; визначення потужності компенсаційної установки.

5. Застосування законів подібності: зниження обертів насоса на 20 % і зміна споживаної потужності. Порівняння з дросельним регулюванням.
6. Самостійне виконання за варіантами.

Завдання для здобувачів

- Визначити напругу вторинної обмотки, коефіцієнт трансформації та струм навантаження трансформатора.
- Обчислити втрати потужності в лінії при 380 В і при 10 кВ, подати у відсотках від переданої потужності.
- Визначити активну, реактивну та повну потужність електропривода за заданого коефіцієнта потужності.
- Обчислити потрібну потужність компенсаційної установки для підвищення коефіцієнта потужності до 0,95.
- Розрахувати економію потужності при зниженні обертів насоса на 20 % частотним регулюванням.

Очікуваний результат. *Здобувач кількісно обґрунтовує вигоду частотного регулювання порівняно з дроселюванням засувкою.*

МОДУЛЬ IV. КОЛИВАННЯ, ХВИЛІ ТА ОПТИКА

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 13

Розрахунок періоду, частоти й довжини хвилі. Задачі з ультразвукового обліку теплоносія

Спирається на: Лекцію 18 | **Обсяг:** 2 год | **Оцінка:** макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити обчислювати параметри коливань і хвиль, оцінювати стрибок тиску при гідравлічному ударі й розраховувати витрату за різницею часу проходження ультразвуку.

Методологічна: Сформувати навичку перевірки системи на близькість до резонансу.

Професійно-адаптивна: Показати фізичну природу аварій від гідравлічного удару та обмеження ультразвукового обліку.

Хід заняття

1. Актуалізація: після різкого закриття засувки стався розрив трубопроводу, хоча тиск у мережі був у нормі. Як таке можливо?
2. Розбір біля дошки: обчислення частоти збуджувальної сили від дисбалансу ротора та зіставлення з власною частотою опори. Висновок про близькість до резонансу.
3. Розрахунок стрибка тиску за формулою Жуковського; порівняння з робочим тиском мережі.
4. Обговорення часу закриття арматури як ключового параметра; перелік технічних засобів запобігання.
5. Розрахунок витрати за різницею часу проходження ультразвукового сигналу за потоком і проти нього.
6. Самостійне виконання за варіантами.

Завдання для здобувачів

- Обчислити частоту й період коливань від дисбалансу ротора за заданою частотою обертання.
- Оцінити, чи перебуває система поблизу резонансу, і запропонувати спосіб виведення з нього.
- Розрахувати стрибок тиску при різкому закритті засувки та порівняти з робочим тиском.
- Визначити мінімально допустимий час закриття арматури для заданої ділянки.
- Обчислити швидкість потоку й витрату за різницею часу проходження ультразвукового сигналу.

Очікуваний результат. *Здобувач пропонує два різні способи виведення системи з резонансу й пояснює, чому віброопори змінюють амплітуду, але не частоту.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 14

Задачі на теплове випромінювання та фотоефект. Опрацювання термограми

Спирається на: Лекцію 19 | **Обсяг:** 2 год | **Оцінка:** макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити обчислювати променисті тепловтрати за законом Стефана — Больцмана, визначати довжину хвилі максимуму за законом Віна та енергію фотона.

Методологічна: Сформувати навичку критичної інтерпретації термограми.

Професійно-адаптивна: Показати, як ступінь чорноти впливає на покази пірометра і як це виправляють на практиці.

Хід заняття

1. Актуалізація: у скільки разів зросте випромінювання при нагріванні поверхні з 300 до 600 K? Оцінка на око, потім перевірка розрахунком.
2. Розбір біля дошки: обчислення променистих тепловтрат неізолюваної ділянки паропроводу з урахуванням ступеня чорноти.
3. Перерахунок у сезонні втрати та в еквівалент палива; оцінка строку окупності ізоляції.
4. Розрахунок похибки пірометра при невірно заданому ступені чорноти; обговорення практичних способів виправлення.
5. Аналіз навчальної термограми: що на ній дефект ізоляції, а що просто інша поверхня.
6. Самостійне виконання за варіантами.

Завдання для здобувачів

- Обчислити потужність променистих тепловтрат заданої поверхні з урахуванням ступеня чорноти.
- Визначити довжину хвилі максимуму випромінювання й указати область спектра.
- Розрахувати похибку показів пірометра при заданій розбіжності ступеня чорноти.
- Обчислити енергію фотона та максимальну кінетичну енергію електронів при фотоефекті.
- Проаналізувати навчальну термограму й сформулювати обґрунтований висновок про стан обстеженої ділянки.

Очікуваний результат. *Здобувач не робить висновку про якість ізоляції лише за кольором ділянки на термограмі, а перевіряє ступінь чорноти поверхні.*

МОДУЛЬ V. АТОМНА ТА ЯДЕРНА ФІЗИКА

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 15

Задачі на закон радіоактивного розпаду й дозиметрію. Підсумкове узагальнювальне заняття

Спирається на: Лекцію 21 | **Обсяг:** 2 год | **Оцінка:** макс. 2 бали

Мета заняття

Дидактична: Навчити застосовувати закон радіоактивного розпаду й обчислювати дози опромінення з урахуванням трьох принципів захисту.

Методологічна: Узагальнити матеріал курсу через наскрізні зв'язки між модулями.

Професійно-адаптивна: Показати фізичну основу правил радіаційної безпеки при радіографічному контролі зварних стиків.

Хід заняття

1. Розбір біля дошки: обчислення частки ядер, що залишилися, за заданим періодом напіврозпаду; побудова графіка.
2. Розрахунок дози: залежність від часу перебування та від відстані до джерела. Кількісна демонстрація правила квадрата відстані.
3. Оцінка ефективності екранування; вибір матеріалу залежно від виду випромінювання.
4. Обговорення організації робіт при радіографічному контролі стиків трубопроводу: розмір зони огороження як розрахункова, а не довільна величина.
5. Узагальнення курсу: побудова разом із групою схеми зв'язків між п'ятьма модулями та фаховими дисциплінами наступних семестрів.
6. Самостійне виконання за варіантами.

Завдання для здобувачів

- Визначити частку ядер, що залишилися, через задані проміжки часу, і побудувати графік розпаду.
- Обчислити поглинену та еквівалентну дозу за заданої потужності дози й часу перебування.
- Визначити, на якій відстані від джерела доза знизиться до допустимого рівня, і обґрунтувати розмір зони огороження.
- Порівняти ефективність двох способів зниження дози: скорочення часу вдвічі та збільшення відстані вдвічі.
- Скласти підсумкову схему: модуль курсу — фахова дисципліна — конкретна виробнича задача.

Очікуваний результат. *Здобувач обґрунтовує розмір зони огороження розрахунком, а не посиланням на інструкцію.*

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РОБОТИ НА ЗАНЯТТІ

Бали	Дескриптор
2 бали (високий рівень)	Здобувач самостійно розв'язує задачі заняття, правильно обирає фізичну модель і формули, коректно працює з одиницями СІ та розмірностями, перевіряє правдоподібність результату. Здатен пояснити фізичний зміст отриманої величини та пов'язати її з реальним процесом теплоенергетики.
1 бал (середній рівень)	Здобувач розв'язує задачі за зразком або з навідними запитаннями викладача. Допускає обчислювальні неточності чи помилки в переведенні одиниць. Фізичний зміст результату пояснює поверхово.
0 балів (низький рівень)	Здобувач не підготовлений до заняття, не володіє базовими формулами теми, відмовляється виконувати завдання без поважних причин.
Особлива умова	Траума-informed підхід: відмова здобувача-ветерана від усної відповіді біля дошки не є підставою для зниження балу. Результат оцінюється за письмовим розв'язанням, поданим викладачеві індивідуально.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Вихідні дані виписуються повністю, з одиницями вимірювання і з зазначенням джерела довідкових величин.
2. Переведення в СІ виконується окремим рядком до початку обчислень.
3. Робоча формула записується в загальному вигляді з поясненням позначень, і лише потім у неї підставляються числа.
4. Одиниці вимірювання пишуться разом із числами під час підстановки, а не приписуються до відповіді наприкінці.
5. Розмірність результату перевіряється до того, як відповідь підкреслено.
6. Правдоподібність числа оцінюється явно: порядок величини має відповідати реальному обладнанню.
7. Розв'язання завершується висновком про те, що отриманий результат означає для роботи обладнання.