



ГЛОСАРІЙ ФІЗИЧНИХ ТЕРМІНІВ ПРОФЕСІЙНОГО СПРЯМУВАННЯ

*70 термінів за п'ятьма змістовими модулями. Навчально-методичне видання для
самостійної роботи*

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

ЯК КОРИСТУВАТИСЯ ЦИМ ГЛОСАРІЄМ

Це не перелік означень для механічного заучування. Проблема більшості технічних словників у тому, що після прочитання означення термін залишається таким самим незрозумілим, як був. Тут кожне поняття розкрито у трьох вимірах:

Визначення. Як поняття формулюється у фізиці — коротко й точно, з математичним записом там, де він потрібен.

У теплоенергетиці. Де саме це працює у вашій майбутній роботі: у котлі, на теплотрасі, у щитовій, у системі автоматики.

На що зважати. Типова помилка, характерна похибка або практичний нюанс, через який розрахунок дає невірний результат.

Терміни згруповано за п'ятьма змістовими модулями курсу. Користуйтеся глосарієм під час підготовки до модульних контролів, виконання самостійної роботи та оформлення розрахунків — точність термінології входить до критеріїв оцінювання.

МОДУЛЬ I. МЕХАНІКА ТА ОСНОВИ ГІДРОСТАТИКИ

АБСОЛЮТНА ПОХИБКА

Визначення. Модуль різниці між вимірним і дійсним значенням величини. Позначається Δx , має ту саму розмірність, що й сама величина.

У теплоенергетиці. Визначає, скільки цифр у результаті вимірювання мають фізичний зміст. Манометр класу 1,5 з межею 10 бар дає похибку 0,15 бар — записувати тиск як 6,347 бар безглуздо, правильно 6,3 бар.

На що зважати. *Похибку округлюють у більший бік до однієї значущої цифри, а результат — до того самого розряду, що й похибка.*

ВІДНОСНА ПОХИБКА

Визначення. Відношення абсолютної похибки до виміряного значення. Виражається у відсотках і характеризує якість вимірювання.

У теплоенергетиці. Дозволяє порівняти точність вимірювань різних величин. Похибка в кілограм при зважуванні вагона несуттєва, при дозуванні реагенту для водопідготовки — неприпустима.

На що зважати. *У непрямих вимірюваннях відносні похибки складаються, а величина у квадраті подвоює свій внесок. Саме тому діаметр трубопроводу треба міряти особливо ретельно.*

СИСТЕМАТИЧНА ПОХИБКА

Визначення. Похибка, що повторюється від вимірювання до вимірювання й зміщує результат в один бік.

У теплоенергетиці. Виникає через неправильне градування приладу, неврахований опір з'єднувальних проводів термометра опору, неврахування температури холодного спаю термопар.

На що зважати. *Багаторазове повторення вимірювання її не усуває — у цьому головна підступність. Усувають тільки повіркою приладу або схемною компенсацією.*

МОМЕНТ ІНЕРЦІЇ

Визначення. Міра інертності тіла в обертальному русі. Залежить не лише від маси, а й від того, як маса розподілена відносно осі обертання.

У теплоенергетиці. Пояснює, чому масивний ротор димососа довго розганяється і довго вибігає після відключення. Визначає пусковий струм двигуна й вимоги до муфти.

На що зважати. *Залежність від радіуса квадратична, тому «полежити» ротор ефективніше, знімаючи метал із периферії, а не з центра.*

ВІДЦЕНТРОВА СИЛА

Визначення. Сила, що виникає при обертанні й пропорційна масі, квадрату кутової швидкості та відстані від осі.

У теплоенергетиці. Створюється залишковим дисбалансом ротора насоса чи вентилятора, спричиняє вібрацію, руйнує підшипники й передається на фундамент.

На що зважати. *Подвоєння частоти обертання збільшує силу вчетверо. Саме тому балансування виконують на робочих обертах, а не на довільних.*

КОЕФІЦІЄНТ КОРИСНОЇ ДІЇ (ККД)

Визначення. Відношення корисної роботи або енергії до всієї витраченої. Величина безрозмірна, завжди менша за одиницю.

У теплоенергетиці. Головний показник ефективності котла, насоса, двигуна, теплової мережі. Різниця між 88 % і 92 % ККД котла за опалювальний сезон — це десятки тонн палива.

На що зважати. *ККД послідовних елементів перемножується, а не додається і не усереднюється. Котел 0,9 і мережа 0,9 дають споживачеві 0,81. Тому модернізацію починають із найслабшої ланки.*

ТИСК

Визначення. Відношення сили, що діє перпендикулярно до поверхні, до площі цієї поверхні. Одиниця в СІ — паскаль.

У теплоенергетиці. Основний контрольований параметр у котельні. Розрізняють абсолютний, надлишковий і вакуумметричний; манометр показує надлишковий.

На що зважати. *Плутанина абсолютного й надлишкового тиску — класична причина помилки. Урівняння стану газу підставляють абсолютний: до показу манометра додають приблизно 0,1 МПа.*

ЗАКОН ПАСКАЛЯ

Визначення. Тиск, створений зовнішньою силою на рідину або газ у замкненій посудині, передається в усі точки без зміни.

У теплоенергетиці. Основа гідравлічних домкратів, приводів запірної арматури й гідравлічних випробувань трубопроводів.

На що зважати. *Закон стосується тиску від зовнішньої сили. Гідростатичний тиск стовпа рідини додається до нього і в високій системі тепlopостачання може бути визначальним.*

ГІДРОСТАТИЧНИЙ ТИСК

Визначення. Тиск, створений вагою стовпа рідини; пропорційний густині, висоті стовпа й прискоренню вільного падіння.

У теплоенергетиці. Визначає різницю тисків між поверхами будівлі та вимоги до міцності обладнання нижніх поверхів. Лежить в основі роботи водомірного скла котла.

На що зважати. *Зручне співвідношення для швидкої оцінки: стовп води висотою 10 метрів дає приблизно 0,1 МПа, тобто одну атмосферу.*

РІВНЯННЯ НЕРОЗРИВНОСТІ

Визначення. Наслідок закону збереження маси: для нестисливої рідини добуток швидкості потоку на площу перерізу вздовж труби залишається сталим.

У теплоенергетиці. Дозволяє перерахувати швидкість і витрату між ділянками різного діаметра. Основа розрахунку теплових мереж змінного перерізу.

На що зважати. *Витрата вздовж труби стала, а швидкість — ні. Плутати ці дві величини не можна: у звуженні зростає саме швидкість.*

РІВНЯННЯ БЕРНУЛЛІ

Визначення. Для стаціонарного потоку ідеальної рідини сума статичного тиску, динамічного напору й гідростатичного тиску вздовж лінії течії залишається сталою.

У теплоенергетиці. Пояснює роботу витратомірів зі звужувальними пристроями, ежекторів і пальникових пристроїв. Показує, чому у вузькій ділянці швидкість зростає, а тиск падає.

На що зважати. *Рівняння записане для ідеальної рідини. У реальному трубопроводі частина напору незворотно втрачається на тертя, тому в інженерні розрахунки додають член втрат.*

ВТРАТИ НАПОРУ

Визначення. Частина механічної енергії потоку, незворотно перетворена на теплоту через в'язке тертя. Складаються з втрат по довжині за формулою Дарсі — Вейсбаха і місцевих втрат на поворотах, засувках і трійниках.

У теплоенергетиці. Саме ці втрати долає напір насоса. Вони пояснюють, чому в кінці довгої теплотраси тиск нижчий, ніж на виході з котельні.

На що зважати. *Не плутати з падінням тиску на звуженні: там тиск падає оборотно й за розширенням частково відновлюється, а втрати на тертя необоротні.*

ЧИСЛО РЕЙНОЛЬДСА

Визначення. Безрозмірний критерій, що визначає режим течії: відношення сил інерції до сил в'язкості.

У теплоенергетиці. За його значенням обирають формулу розрахунку гідравлічного опору. У теплових мережах течія практично завжди турбулентна, і це добре: турбулентність поліпшує тепловіддачу.

На що зважати. *Режим треба визначати до розрахунку, а не після: формули для ламінарного й турбулентного режимів дають різні результати.*

МЕХАНІЧНЕ НАПРУЖЕННЯ

Визначення. Внутрішня сила, віднесена до площі перерізу. Вимірюється в паскалях, на практиці в мегапаскалях.

У теплоенергетиці. Саме напруження, а не сила, визначає, чи витримає деталь. Кільцеве напруження в стінці труби під тиском дорівнює добутку тиску на внутрішній діаметр, поділеному на подвоєну товщину стінки.

На що зважати. *Кільцеве напруження вдвічі більше за поздовжнє — тому труби під внутрішнім тиском тріскаються вздовж, а не поперек.*

ЗАКОН ГУКА. МОДУЛЬ ЮНГА

Визначення. У пружній області напруження прямо пропорційне відносній деформації. Коефіцієнтом пропорційності є модуль Юнга — характеристика жорсткості матеріалу. Для сталі близько 200 ГПа.

У теплоенергетиці. Дозволяє обчислити деформацію конструкції під навантаженням і, що важливіше, температурні напруження в защемленій ділянці трубопроводу.

На що зважати. *Модуль Юнга не є мірою міцності. Чавун має високий модуль і при цьому крихкий: жорсткість і міцність — різні властивості.*

ГРАНИЦЯ ТЕКУЧОСТІ ТА ЗАПАС МІЦНОСТІ

Визначення. Границя текучості — напруження, за якого матеріал починає деформуватися без збільшення навантаження. Запас міцності — відношення граничного напруження до робочого.

У теплоенергетиці. Робочі напруження в трубопроводах приймають із запасом від півтора до трьох, що враховує неоднорідність матеріалу, корозійне зношення й можливі перевантаження.

На що зважати. *Границя текучості знижується з нагріванням, тому для гарячих ділянок паропроводу допустимі напруження приймають меншими, ніж для холодних.*

МОДУЛЬ II. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА

ІДЕАЛЬНИЙ ГАЗ

Визначення. Модель газу, у якій нехтують об'ємом молекул і силами взаємодії між ними, а зіткнення вважають абсолютно пружними.

У теплоенергетиці. Достатньо точна модель для повітря й димових газів за звичайних тисків. Дозволяє користуватися простим рівнянням стану замість громіздких таблиць.

На що зважати. Для водяної пари поблизу лінії насичення модель непридатна принципово. Тут працюють лише таблиці властивостей води й водяної пари.

РІВНЯННЯ СТАНУ ІДЕАЛЬНОГО ГАЗУ

Визначення. Рівняння Клапейрона — Менделєєва, що пов'язує тиск, об'єм, кількість речовини й абсолютну температуру газу.

У теплоенергетиці. Базовий інструмент приведення об'єму газу до нормальних умов для комерційного обліку, розрахунку об'ємів повітря на горіння й димових газів.

На що зважати. Температуру підставляють лише в кельвінах. Це найчастіша помилка курсу, причому результат виглядає правдоподібно, що ускладнює її виявлення.

ВНУТРІШНЯ ЕНЕРГІЯ

Визначення. Сума кінетичної енергії хаотичного руху молекул і потенціальної енергії їх взаємодії. Функція стану системи.

У теплоенергетиці. Величина, зміну якої фіксують у тепловому балансі. Не залежить від шляху, яким система прийшла в даний стан.

На що зважати. Внутрішня енергія — функція стану, а теплота й робота — функції процесу. Некоректно казати «в тілі міститься стільки теплоти».

ПЕРШИЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМІКИ

Визначення. Теплота, надана системі, витрачається на зміну її внутрішньої енергії та на виконання роботи проти зовнішніх сил.

У теплоенергетиці. Основа складання будь-якого теплового балансу: котла, теплообмінника, будівлі.

На що зважати. Ключове — правило знаків. Теплота, надана системі, додатна; робота, виконана системою, додатна. Переплутані знаки дають абсурдний результат.

ТЕПЛОЄМНІСТЬ

Визначення. Кількість теплоти, потрібна для нагрівання тіла або речовини на один кельвін. Питома віднесена до одиниці маси.

У теплоенергетиці. Висока питома теплоємність води (близько 4200 Дж/(кг·К)) — головна причина, чому саме вона стала основним теплоносієм.

На що зважати. Для газів теплоємність при сталому тиску більша за теплоємність при сталому об'ємі. Для нагрівання повітря в припливній установці беруть першу.

ДРУГИЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМІКИ

Визначення. Неможливий процес, єдиним результатом якого є передача теплоти від холоднішого тіла до гарячішого або повне перетворення теплоти на роботу.

У теплоенергетиці. Задає принципову межу ефективності будь-якої теплової машини й напрямок усіх теплових процесів.

На що зважати. Закон не забороняє передавати теплоту від холодного тіла до гарячого — це робить тепловий насос. Він забороняє робити це без витрати роботи.

ЦИКЛ КАРНО

Визначення. Ідеальний оборотний круговий процес із двох ізотерм і двох адіабат. Має максимально можливий ККД для заданих температур нагрівника й холодильника.

У теплоенергетиці. Еталон, з яким порівнюють реальні установки. Показує, що ефективність визначається насамперед температурним перепадом, а не конструкцією.

На що зважати. Якщо в розрахунку реальний ККД вийшов вищим за карнотівський, у розрахунку помилка. Це найзручніша самоперевірка розділу.

КОЕФІЦІЄНТ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Визначення. Відношення доставленої теплоти до витраченої роботи. Типово становить від трьох до п'яти.

У теплоенергетиці. Показує, у скільки разів тепловий насос ефективніший за прямий електронагрів за тієї самої витрати електроенергії.

На що зважати. Значення понад одиницю не порушує закону збереження енергії: теплота не створюється, а переноситься з довкілля. Ефективність падає зі зростанням різниці температур, тобто саме в мороз.

КОГЕНЕРАЦІЯ

Визначення. Одночасне виробництво електричної і теплової енергії в одній установці.

У теплоенергетиці. Теплоту, яку двигун усе одно змушений віддати холодильнику за другим законом термодинаміки, використовують для опалення замість викидання в довкілля.

На що зважати. Коефіцієнт використання палива зростає приблизно з 35–40 % до 80 % і вище. Це не підвищення ККД двигуна, а корисне застосування неминучих втрат.

ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ

Визначення. Перенесення теплоти безпосередньо в речовині без переміщення самої речовини. Описується законом Фур'є.

У теплоенергетиці. Основний механізм передачі теплоти через стінку труби, стінку котла й огорожувальну конструкцію будівлі.

На що зважати. Коефіцієнт теплопровідності ізоляції різко зростає при зволоженні. Намокла мінеральна вата втрачає більшість властивостей, залишаючись зовні цілою.

ТЕРМІЧНИЙ ОПІР

Визначення. Відношення товщини шару до коефіцієнта його теплопровідності. Що більший опір, то краща ізоляція.

У теплоенергетиці. Термічні опори шарів багат шарової конструкції додаються — так само, як опори послідовно з'єднаних резисторів.

На що зважати. Ця аналогія одразу показує, що найтонший шар із найгіршою теплопровідністю може визначати весь опір конструкції.

КОНВЕКЦІЯ

Визначення. Перенесення теплоти разом із рухом рідини або газу. Буває природною та вимушеною.

У теплоенергетиці. Механізм роботи опалювальних приладів, циркуляції води в котлі, повітряного охолодження. Вимушена конвекція від насоса значно інтенсивніша за природну.

На що зважати. *Занижена швидкість теплоносія різко погіршує тепловіддачу: прилад із правильною площею може «не гріти» саме через недостатню циркуляцію.*

НАСИЧЕНА ПАРА

Визначення. Пара, що перебуває в динамічній рівновазі зі своєю рідиною. Її тиск однозначно визначається температурою.

У теплоенергетиці. Робоче тіло парових котлів. Однозначний зв'язок тиску й температури дозволяє контролювати температуру за манометром.

На що зважати. *Тиск насиченої пари не залежить від об'єму посудини. Стиснення насиченої пари не підвищує тиск, а спричиняє конденсацію.*

ПИТОМА ТЕПЛОТА ПАРООУТВОРЕННЯ

Визначення. Кількість теплоти, потрібна для перетворення одиниці маси рідини на пару за температури кипіння. Для води близько 2260 кДж/кг.

У теплоенергетиці. Саме пароутворення, а не нагрівання визначає потужність парового котла. І навпаки, при конденсації вивільняється та сама велика кількість теплоти.

На що зважати. *Це приблизно в п'ять із половиною разів більше, ніж потрібно для нагрівання тієї самої води від нуля до ста градусів.*

ВІДНОСНА ВОЛОГІСТЬ І ТОЧКА РОСИ

Визначення. Відносна вологість — відношення фактичного парціального тиску водяної пари до тиску насиченої пари за тієї самої температури. Точка роси — температура, до якої треба охолодити повітря, щоб пара стала насиченою.

У теплоенергетиці. Контрольовані параметри в котельнях і теплових пунктах. Визначають ризик корозії обладнання й появи конденсату.

На що зважати. *Відносна вологість змінюється при зміні температури навіть без додавання вологи. Тому пліснява з'являється саме в кутах, де температура поверхні найнижча.*

ТЕПЛОВЕ РОЗШИРЕННЯ

Визначення. Збільшення розмірів тіла при нагріванні. Описується коефіцієнтом лінійного розширення; для сталі приблизно $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

У теплоенергетиці. Ділянка сталевого трубопроводу довжиною 100 м при нагріванні від 10 до 130 °С подовжується приблизно на 14 сантиметрів.

На що зважати. *Якщо подовженню завадити, виникає температурне напруження близько 290 МПа — на рівні границі текучості. Довжина ділянки у формулу напруження не входить.*

КОМПЕНСАТОР

Визначення. Пристрій, що сприймає теплове подовження трубопроводу, не допускаючи виникнення температурних напружень.

У теплоенергетиці. П-подібні та Z-подібні компенсатори працюють на згин ділянки труби, сальникові дозволяють трубі ковзати, сильфонні компенсують подовження гофрованою вставкою.

На що зважати. *Компенсатор працює лише разом із правильно розставленими нерухомими опорами, які задають напрямок подовження. Помилка в розстановці опор зводить його роботу нанівець.*

ТЕПЛОТА ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА

Визначення. Кількість теплоти, що виділяється при повному згорянні одиниці кількості палива. Вища враховує теплоту конденсації водяної пари, нижча — ні.

У теплоенергетиці. У звичайних котлах користуються нижчою теплотою згоряння. Для природного газу вона становить приблизно 34 МДж/м³.

На що зважати. *ККД конденсаційного котла, обчислений за нижчою теплотою, може формально перевищувати 100 %. Це не порушення фізики, а наслідок вибору бази розрахунку.*

КОЕФІЦІЄНТ НАДЛИШКУ ПОВІТРЯ

Визначення. Відношення фактично поданої кількості повітря до теоретично потрібної для повного згоряння палива.

У теплоенергетиці. Ключовий параметр налагодження пальника. Для газових котлів оптимум становить приблизно 1,05–1,15, і знаходять його за складом димових газів.

На що зважати. *Оптимум двосторонній: замало повітря — хімічний недопал і поява оксиду вуглецю; забагато — зайве повітря нагрівається й виноситься в димар.*

ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС КОТЛОАГРЕГАТА

Визначення. Застосування першого закону термодинаміки до котла: уся внесена паливом теплота дорівнює сумі корисно використаної теплоти й усіх втрат.

У теплоенергетиці. Основні статті втрат: з відхідними газами (зазвичай найбільша), від хімічного й механічного недопалу, через обмурівку в навколишнє середовище.

На що зважати. *Обернений баланс точніший за прямий, бо втрати вимірювати легше, ніж витрату палива й теплоти одночасно, і він показує, куди саме дівається теплота.*

МОДУЛЬ III. ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ

ЕЛЕКТРОРУШІЙНА СИЛА (ЕРС)

Визначення. Величина, що характеризує роботу сторонніх сил джерела з переміщення одиничного заряду в замкненому колі.

У теплоенергетиці. Параметр будь-якого джерела живлення: генератора, акумулятора, термопари.

На що зважати. *ЕРС і напруга на затискачах — не одне й те саме. Під навантаженням напруга менша на величину падіння на внутрішньому опорі; саме тому напруга просідає при вмиканні потужного споживача.*

ПИТОМИЙ ОПІР

Визначення. Характеристика матеріалу, що визначає опір провідника одиничної довжини та одиничного перерізу.

У теплоенергетиці. Основа вибору матеріалу: мідь і алюміній для передачі струму, ніхром і фехраль для нагрівальних елементів, де високий опір потрібен навмисне.

На що зважати. *Питомий опір залежить від температури. Опір ТЕНа в робочому стані помітно більший за виміряний у холодному, тому розрахунок за холодним опором завищує потужність.*

ТЕМПЕРАТУРНИЙ КОЕФІЦІЄНТ ОПОРУ

Визначення. Величина, що показує відносну зміну опору провідника при зміні температури на один кельвін.

У теплоенергетиці. Фізична основа термометрів опору Pt100 і Pt1000 — стандартних датчиків температури в системах автоматизації котелень.

На що зважати. *Для металів коефіцієнт додатний, для напівпровідників від'ємний і значно більший за модулем: терморезистор і термометр опору реагують на нагрівання протилежно.*

ЗАКОН ДЖОУЛЯ — ЛЕНЦА

Визначення. Кількість теплоти, що виділяється у провіднику зі струмом, пропорційна квадрату сили струму, опору й часу.

У теплоенергетиці. Основа всього електронагріву й одночасно пояснення втрат у лініях та нагрівання контактів.

На що зважати. *Залежність від струму квадратична: подвоєння струму збільшує втрати вчетверо. Саме тому електроенергію передають під високою напругою.*

ЕЛЕКТРОХІМІЧНА КОРОЗІЯ

Визначення. Руйнування металу внаслідок роботи гальванічної пари, що утворюється при контакті різнорідних металів у середовищі електроліту.

У теплоенергетиці. Вода в системах теплопостачання завжди є електролітом. Пряме з'єднання мідної та сталеві труби без діелектричної вставки руйнує сталь у зоні контакту.

На що зважати. *Розчинений кисень різко прискорює корозію, тому деаерація — не формальність регламенту, а умова довговічності обладнання.*

МАГНІТНИЙ ПОТІК

Визначення. Величина, що характеризує кількість ліній магнітної індукції, які пронизують задану поверхню.

У теплоенергетиці. Робоча величина в розрахунку трансформаторів, генераторів і двигунів. Зміна саме потоку породжує ЕРС індукції.

На що зважати. Потік залежить і від орієнтації поверхні: при паралельному розташуванні площини витка до ліній поля він дорівнює нулю.

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ІНДУКЦІЯ

Визначення. Виникнення ЕРС у контурі при зміні магнітного потоку крізь нього. Описується законом Фарадея.

У теплоенергетиці. Принцип роботи генератора, трансформатора, індукційних лічильників і безконтактних датчиків.

На що зважати. ЕРС визначається швидкістю зміни потоку, а не його величиною. Сильне, але статне поле не наводить жодної ЕРС у нерухомому контурі.

ПРАВИЛО ЛЕНЦА

Визначення. Індукційний струм завжди має такий напрямок, щоб протидіяти причині, що його викликала.

У теплоенергетиці. Пояснює, чому зі зростанням електричного навантаження генератора зростає механічний момент на його валу.

На що зважати. Це прояв закону збереження енергії: якби індукційний струм підсилював свою причину, ми мали б вічний двигун.

ВИХРОВІ СТРУМИ

Визначення. Індукційні струми, що виникають у масивних провідниках при зміні магнітного потоку.

У теплоенергетиці. Корисні в індукційному нагріванні та магнітних гальмах. Шкідливі в осердях трансформаторів і двигунів, де спричиняють нагрівання й втрати.

На що зважати. Саме через них осердя набирають із тонких ізольованих пластин. Пошкодження міжлистової ізоляції призводить до перегріву осердя.

САМОІНДУКЦІЯ

Визначення. Виникнення ЕРС у контурі внаслідок зміни власного струму в цьому ж контурі.

У теплоенергетиці. Пояснює іскріння при розмиканні кіл з обмотками двигунів і електромагнітів та потребу в дугогасних пристроях і захисних діодах.

На що зважати. ЕРС самоіндукції при різкому розмиканні може багаторазово перевищити напругу живлення — це реальна причина пробою ізоляції.

ДІЮЧЕ ЗНАЧЕННЯ ЗМІННОГО СТРУМУ

Визначення. Значення постійного струму, який за той самий час виділив би в тому самому опорі таку саму кількість теплоти.

У теплоенергетиці. Саме діюче значення показують усі щитові прилади. Напруга мережі 230 В — це діюче значення, амплітудне близько 325 В.

На що зважати. У розрахунках теплової дії струму підставляють діюче значення; підстановка амплітудного завищує потужність удвічі.

КОЕФІЦІЄНТ ПОТУЖНОСТІ

Визначення. Відношення активної потужності до повної в колі змінного струму. Показує, яка частка спожитого струму виконує корисну роботу.

У теплоенергетиці. Критичний показник для підприємства з великою кількістю електроприводів. Низьке значення означає завантаження мережі струмом, що не виконує роботи, і підвищені тарифи.

На що зважати. Реактивна потужність не зникає — вона циркулює між джерелом і навантаженням, нагріваючи проводи. Підвищують коефіцієнт конденсаторними установками.

ТРАНСФОРМАТОР

Визначення. Статичний електромагнітний апарат для перетворення змінної напруги однієї величини на змінну напругу іншої за незмінної частоти.

У теплоенергетиці. Ланка між високовольтною мережею й споживачами підприємства. Коефіцієнт трансформації дорівнює відношенню кількості витків обмоток.

На що зважати. Працює лише на змінному струмі. Подання постійної напруги на первинну обмотку виводить апарат із ладу, бо опір обмотки постійному струму визначається лише малим активним опором.

ЗАЗЕМЛЕННЯ

Визначення. Навмисне електричне з'єднання частин електроустановки із заземлювальним пристроєм для забезпечення безпеки.

У теплоенергетиці. Обов'язковий елемент захисту в котельні та щитовій. Забезпечує спрацювання захисту й обмежує напругу дотику при пробії ізоляції на корпус.

На що зважати. Не робить безпечним доторкання до струмовідних частин: захищає від напруги на корпусі, а не від прямого контакту з фазою.

ЕФЕКТ ЗЕЕБЕКА. ТЕРМОПАРА

Визначення. Виникнення термо-ЕРС у колі з двох різнорідних провідників, спаї яких перебувають за різних температур.

У теплоенергетиці. Основа термопар — головного засобу вимірювання високих температур у топках, газоходах і на паропроводах. Термопара типу К має чутливість близько 41 мкВ/К.

На що зважати. Термопара вимірює різницю температур робочого й холодного спаїв. Без компенсації холодного спаю покази систематично зміщені, причому влітку зміщення зростає.

ТЕРМОМЕТР ОПОРУ

Визначення. Датчик, що використовує залежність опору металу від температури. Стандартні виконання Pt100 і Pt1000.

У теплоенергетиці. Основний засіб вимірювання температури теплоносія в діапазоні до кількох сотень градусів; точніший за термопару й ближчий до лінійності.

На що зважати. *Опір з'єднувальних проводів завищує покази. Усувається трипровідною схемою; для Pt1000 цей вплив у десять разів менший, ніж для Pt100.*

ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ВИТРАТОМІР

Визначення. Прилад, у якому сила Лоренца розділяє заряди в потоці провідної рідини, і напруга між електродами виявляється пропорційною швидкості потоку.

У теплоенергетиці. Застосовується для обліку теплоносія. Не має рухомих частин і не створює гідравлічного опору.

На що зважати. *Працює лише з провідними середовищами. Для дистильованої води й мінеральних олів непридатний принципово.*

ЗАКОНИ ПОДІБНОСТІ. ЧАСТОТНЕ РЕГУЛЮВАННЯ

Визначення. Для відцентрового насоса витрата пропорційна частоті обертання, напір — її квадрату, а потужність на валу — кубу.

У теплоенергетиці. Фізична основа частотного регулювання приводів насосів і вентиляторів — одного з найефективніших енергозберігальних заходів у котельнях.

На що зважати. *Кубічна залежність означає, що зниження обертів на 20 % зменшує потужність приблизно вдвічі. При дросельному регулюванні засувкою потужність майже не падає: енергія розсіюється на опорі засувки.*

МОДУЛЬ IV. КОЛИВАННЯ, ХВИЛІ ТА ОПТИКА

РЕЗОНАНС

Визначення. Різке зростання амплітуди вимушених коливань при збігу частоти зовнішньої сили з власною частотою системи.

У теплоенергетиці. Основна загроза для насосних агрегатів: дисбаланс ротора створює періодичну силу з частотою обертання, і збіг із власною частотою опори чи трубопроводу руйнує підшипники й зварні шви.

На що зважати. *Вивести систему з резонансу можна двома шляхами: змінити оберти агрегата або змінити жорсткість чи масу конструкції. Віброопори зменшують амплітуду, але резонансної частоти не зміщують.*

ГІДРАВЛІЧНИЙ УДАР

Визначення. Різкий стрибок тиску при раптовій зміні швидкості потоку в трубопроводі; поширюється як хвиля зі швидкістю звуку в рідині. Описується формулою Жуковського.

У теплоенергетиці. Для води при швидкості потоку 2 м/с стрибок може перевищити 2,5 МПа — у рази більше за робочий тиск мережі. Руйнує трубопроводи, зриває арматуру, деформує опори.

На що зважати. *Ключовий параметр — час закриття арматури. Якщо він більший за час пробігу хвилі туди й назад, удар непрямий і стрибок значно менший.*

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ЛІЧИЛЬНИК ТЕПЛОТИ

Визначення. Прилад, що визначає швидкість потоку за різницею часу проходження ультразвукового сигналу за течією і проти неї.

У теплоенергетиці. Разом із двома датчиками температури забезпечує комерційний облік спожитої теплової енергії. Не має рухомих частин і не створює гідравлічного опору.

На що зважати. *Бульбашки газу й механічні частинки розсіюють сигнал, а нерівномірний профіль потоку спотворює результат — тому нормують довжину прямих ділянок до і після приладу.*

ТЕПЛОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ

Визначення. Електромагнітне випромінювання, що виникає за рахунок внутрішньої енергії тіла. Єдиний механізм теплопередачі, що не потребує середовища.

У теплоенергетиці. У топці котла є основним способом передачі теплоти до екранних поверхонь. Визначає втрати від неізольованих гарячих поверхонь.

На що зважати. *Випромінюють усі тіла, а не лише розжарені. При кімнатній температурі максимум лежить у далекій інфрачервоній області й оку не видимий.*

СТУПІНЬ ЧОРНОТИ

Визначення. Величина, що показує, яку частку від випромінювання абсолютно чорного тіла віддає дана поверхня за тієї самої температури.

У теплоенергетиці. Для окисленої сталі становить близько 0,8, для полірованої менше 0,1, для фарбованої поверхні будь-якого кольору близько 0,9.

На що зважати. *Залежить від стану поверхні, а не лише від матеріалу. Саме через це полірована й окислена сталь випромінюють зовсім по-різному.*

ЗАКОН СТЕФАНА — БОЛЬЦМАНА

Визначення. Потужність теплового випромінювання пропорційна четвертому степеню абсолютної температури поверхні.

У теплоенергетиці. Основа розрахунку променистих тепловтрат і роботи пірометрів. Пояснює, чому ізоляція високотемпературних ділянок дає непропорційно великий ефект.

На що зважати. *Залежність надзвичайно різка: нагрівання поверхні з 300 до 600 К збільшує випромінювання у шістнадцять разів. Температуру беруть у кельвінах і не округлюють грубо.*

ЗАКОН ЗМІЩЕННЯ ВІНА

Визначення. Довжина хвилі, на яку припадає максимум випромінювання, обернено пропорційна абсолютній температурі тіла.

У теплоенергетиці. Пояснює зміну кольору розжареного металу від темно-червоного до білого і дає фізичну основу оптичної пірометрії.

На що зважати. *Оцінка температури за кольором груба й залежить від освітлення. Для точних вимірювань потрібен пірометр із правильно введеним ступенем чорноти.*

ПІРОМЕТР І ТЕПЛОВІЗОР

Визначення. Прилади для безконтактного вимірювання температури й побудови теплового зображення за характеристиками теплового випромінювання поверхні.

У теплоенергетиці. Дозволяють контролювати температуру обмурівки, підшипників, паропроводів і контактних з'єднань без зупинки обладнання та без наближення до небезпечних зон.

На що зважати. *Наведений на блискучу поверхню пірометр дає різко занижений результат: він бачить відбите чуже випромінювання, а не власне. Рішення — матова фарба або стрічка з відомим ступенем чорноти.*

ФОТОЕФЕКТ

Визначення. Виривання електронів із речовини під дією світла. Пояснюється квантовою природою випромінювання.

У теплоенергетиці. Основа роботи фотоелементів, фотореле, датчиків полум'я в автоматиці пальників і фотоелектричних перетворювачів сонячних установок.

На що зважати. *Визначається частотою світла, а не інтенсивністю. Нижче червоної межі явище не виникає, скільки б світла не подавали.*

МОДУЛЬ V. АТОМНА ТА ЯДЕРНА ФІЗИКА

СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ

Визначення. Метод визначення хімічного складу речовини за спектрами випромінювання або поглинання. Набір спектральних ліній унікальний для кожного елемента.

У теплоенергетиці. Головне застосування — аналіз димових газів, основний інструмент налагодження режиму горіння. Сучасні газоаналізатори працюють на поглинанні інфрачервоного випромінювання.

На що зважати. *Наявність лінії свідчить про присутність елемента, а її інтенсивність дозволяє оцінити кількість. Оксид вуглецю вказує на брак повітря, надлишок кисню — на його перебір.*

РЕНТГЕНІВСЬКЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ. РАДІОГРАФІЯ

Визначення. Короткохвильове електромагнітне випромінювання з високою проникною здатністю, що утворюється при гальмуванні швидких електронів об анод.

У теплоенергетиці. Основа радіографічного контролю зварних стиків трубопроводів: у місцях пор, тріщин і непроварів матеріалу менше, поглинання слабше, і дефект проявляється на знімку.

На що зважати. *Радіографія краще виявляє об'ємні дефекти — пори й включення, а ультразвук — площинні, тобто тріщини й непровари. Для відповідальних стиків застосовують обидва методи.*

ЕНЕРГІЯ ЗВ'ЯЗКУ ЯДРА. ДЕФЕКТ МАСИ

Визначення. Маса ядра завжди менша за суму мас окремих нуклонів; ця різниця називається дефектом маси, і їй відповідає енергія зв'язку.

У теплоенергетиці. Кількісна основа всієї ядерної енергетики: пояснює, звідки береться енергія при поділі важких ядер.

На що зважати. *Питома енергія зв'язку максимальна поблизу заліза. Тому енергію вивільняє поділ важких ядер і синтез легких, а зворотні реакції її поглинають.*

ПЕРІОД НАПІВРОЗПАДУ

Визначення. Час, за який розпадається половина наявних ядер радіоактивного ізотопу. Величина стала для кожного ізотопу.

У теплоенергетиці. Визначає строки витримки відпрацьованого палива, вимоги до зберігання радіоактивних відходів і терміни служби радіоізотопних приладів.

На що зважати. *Не змінюється ані нагріванням, ані тиском, ані хімічною обробкою. Саме тому проблема радіоактивних відходів не має швидкого технологічного розв'язку.*

ЛАНЦЮГОВА РЕАКЦІЯ

Визначення. Самопідтримувана послідовність поділів ядер, у якій нейтрони, що вилітають при кожному поділі, спричиняють поділ наступних ядер.

У теплоенергетиці. Джерело теплоти в ядерному реакторі. Далі процес суто теплотехнічний: теплота нагріває теплоносій, пара обертає турбіну.

На що зважати. *Керованість забезпечують сповільнювач, що доводить нейтрони до потрібної швидкості, і поглинальні стрижні, що вбирають надлишкові нейтрони.*

ПОГЛИНЕНА ТА ЕКВІВАЛЕНТНА ДОЗА

Визначення. Поглинена доза — енергія іонізуючого випромінювання, поглинена одиницею маси речовини, вимірюється в греях. Еквівалентна враховує різну біологічну дію видів випромінювання й вимірюється в зівертах.

У теплоенергетиці. Основні величини дозиметричного контролю персоналу при радіографічному контролі зварних стиків і на об'єктах атомної енергетики.

На що зважати. *Нормують саме еквівалентну дозу. Альфа-випромінювання ззовні майже нешкідливе, але найнебезпечніше при потраплянні всередину організму.*

ПРИНЦИПИ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ

Визначення. Три способи зниження дози: захист часом, захист відстанню й захист екрануванням.

У теплоенергетиці. Визначають організацію робіт при радіографічному контролі: обмеження часу перебування, розмір зони огороження, вибір захисних матеріалів.

На що зважати. *Захист відстанню найдієвіший: інтенсивність спадає обернено пропорційно квадрату відстані, тому подвоєння відстані зменшує дозу вчетверо, а скорочення часу вдвічі — лише вдвічі.*

Розробник:

Викладач фізики ЗПО «ДПТК»

_____ / Володимир ДЗЮБАНОВ

«__» _____ 2026 р.

Розглянуто та схвалено на засіданні методичної комісії

Протокол № __ від «__» _____ 2026 р.

Голова методичної комісії _____ / _____