



Сергій ГОРДІЄНО

серпня 2026 р.

15 практичних занять, 30 годин аудиторного часу

Галузь знань: G — Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність: G11 — Машинобудування, спеціалізація G11.01 — Верстати і інструменти

Освітньо-професійна програма: «Комп'ютерні технології у машинобудуванні»

Освітньо-професійний ступінь: фаховий молодший бакалавр

Розробник: Дзюбанов Володимир Андрійович, викладач фізики

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.

Наскрізна вимога курсу для спеціальності G11 — свідоме переведення цехових одиниць у СІ. Міліметри, оберти за хвилину, метри за хвилину й бари є робочою мовою креслення та паспорта верстата; ньютони, метри, секунди й паскалі — мовою фізичних формул. Більшість помилок у розрахунках виникає саме на цьому переході, тому переведення виконується окремим рядком до початку обчислень.

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

Розрахунок швидкості різання й частоти обертання шпинделя

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

Мета заняття

Дидактична: Навчити виконувати прямий і обернений розрахунок за формулою швидкості різання, переходити від кутових характеристик обертання до лінійних і обчислювати відцентрові сили.

Методологічна: Сформувати звичку виписувати одиниці кожної величини до підстановки й перевіряти розмірність результату.

Професійно-адаптивна: Показати, звідки береться обмеження обертів у паспорті патрона й навіщо в системі ЧПК існує режим сталої швидкості різання.

Хід заняття

1. Актуалізація: викладач показує паспортну табличку верстата й сторінку довідника з рекомендованими швидкостями різання; група називає, які величини потребують переведення в СІ.
2. Розбір біля дошки: обчислення швидкості різання за діаметром і частотою обертання; акцент на коефіцієнті 1000 і на тому, звідки він береться.
3. Обернена задача: визначення потрібної частоти обертання за заданою довідковою швидкістю різання й округлення до найближчого ступеня коробки швидкостей.
4. Аналіз підрізання торця: обчислення швидкості різання на трьох діаметрах — периферії, середині й біля осі. Висновок про потребу в режимі G96.
5. Обчислення відцентрової сили від залишкового дисбалансу оправки для двох частот обертання — демонстрація квадратичної залежності.
6. Самостійне виконання за індивідуальними варіантами, взаємоперевірка в парах.
7. Підсумок: три найтипівіші помилки заняття, записані в конспект.

Завдання для здобувачів

- Обчислити швидкість різання за заданими діаметром заготовки й частотою обертання.
- Визначити потрібну частоту обертання за довідковою швидкістю різання й обрати найближче значення з ряду верстата.
- Розрахувати швидкість різання на трьох діаметрах при підрізанні торця й побудувати графік залежності.
- Обчислити відцентрову силу від заданого дисбалансу для двох частот обертання й визначити, у скільки разів вона зросла.

Очікуваний результат. *Здобувач пояснює, чому шорсткість торця нерівномірна по радіусу, спираючись на власні числа, і обґрунтовує обмеження обертів патрона.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

Розрахунок сили та потужності різання. Перевірка достатності потужності приводу

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

Мета заняття

Дидактична: Навчити обчислювати потужність різання за силою й швидкістю та визначати потужність, що споживається з мережі, з урахуванням ККД ланцюга.

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

Професійно-адаптивна: Показати, що перевірка режиму за потужністю виконується до пуску інструмента в метал, а не після спрацювання захисту.

Хід заняття

1. Актуалізація: питання групі — двигун має ККД 0,9, пасова передача 0,96, коробка 0,95. Який ККД у приводу? Збір версій, серед яких неодмінно буде середнє арифметичне.
2. Розбір біля дошки: обчислення потужності різання за головною складовою сили різання та швидкістю; походження коефіцієнта 60000.
3. Визначення потужності на валу двигуна й порівняння з паспортною; формулювання умови придатності режиму.
4. Зворотна задача: яка максимальна глибина різання допустима для двигуна заданої потужності.
5. Порівняння двох сценаріїв модернізації приводу: покращення найкращої ланки і покращення найгіршої. Кількісний висновок.
6. Самостійне виконання за варіантами.
7. Підсумкове обговорення: як зміниться потужність різання при затупленні інструмента.

Завдання для здобувачів

- Обчислити потужність різання за заданими силою різання й швидкістю.
- Визначити потужність, споживану з мережі, з урахуванням ККД усіх ланок приводу.
- Перевірити, чи достатньо паспортної потужності головного двигуна для заданого режиму; сформулювати висновок.
- Оцінити ефект від підвищення ККД найслабшої ланки на 10 % і порівняти з таким самим підвищенням для найсильнішої.

Очікуваний результат. *Здобувач самостійно доходить висновку, що ККД ланцюга нижчий за найгірший з проміжних, і підкріплює це числом.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

Розрахунок зусилля гідравлічних і пневматичних затискних пристроїв

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

Мета заняття

Дидактична: Навчити обчислювати зусилля на штоку гідро- та пневмоциліндра за тиском і діаметром поршня, застосовувати рівняння нерозривності до потоку МОР.

Методологічна: Сформувати чітке розрізнення абсолютного й надлишкового тиску та вміння працювати з барами, мегапаскалями й атмосферами.

Професійно-адаптивна: Показати, чому падіння тиску в цеховій мережі безпосередньо загрожує вильотом деталі з патрона.

Хід заняття

1. Актуалізація: манометр гідростанції показує 6 МПа. Який це тиск — абсолютний чи надлишковий? Розбір типової помилки.
2. Розбір біля дошки: обчислення площі поршня та зусилля затиску; порівняння з зусиллям, яке дає ручний ключ.
3. Розрахунок пневмоциліндра при номінальному й зниженому тиску мережі; висновок про призначення реле тиску.
4. Оцінка можливостей вакуумного затиску: обчислення максимальної сили притиску за площею деталі; висновок про межу застосовності.
5. Задача на подавання МОР: визначення швидкості струменя на виході із сопла за рівнянням нерозривності.
6. Самостійне виконання за варіантами.
7. Підсумок: порівняльна таблиця «гідравліка — пневматика — вакуум» за трьома критеріями.

Завдання для здобувачів

- Обчислити зусилля затиску гідроциліндра за заданими тиском і діаметром поршня.
- Визначити зусилля пневмоциліндра при номінальному тиску мережі та при його падінні на 2 бари; знайти відносну зміну.
- Розрахувати максимальну силу притиску вакуумної плити для заданої площі деталі й порівняти її з силою різання.
- Визначити швидкість струменя МОР за заданими витратою насоса й діаметром сопла.

Очікуваний результат. *Здобувач обґрунтовує вибір типу приводу затиску для конкретної операції розрахунком, а не звичкою.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

Розрахунок пружних деформацій і жорсткості технологічної системи ВПД

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

Мета заняття

Дидактична: Навчити застосовувати закон Гука, обчислювати механічне напруження та пружні віджимання за заданою жорсткістю системи.

Методологічна: Закріпити правило додавання податливостей і вміння знаходити найслабшу ланку системи.

Професійно-адаптивна: Показати кількісно, звідки береться конусоподібність вала й чому виліт інструмента роблять мінімальним.

Хід заняття

1. Актуалізація: чи однаково прогнуться під тією самою силою загартована й відпалена деталі з однієї сталі? Розбір відповіді через модуль Юнга.
2. Розбір біля дошки: обчислення напруження в перерізі та видовження стрижня за законом Гука.
3. Розрахунок віджимання інструмента за радіальною складовою сили різання та жорсткістю системи; переведення віджимання в похибку діаметра.
4. Обчислення жорсткості системи з податливостей окремих ланок; висновок про найслабшу ланку.
5. Оцінка впливу вильоту оправки: розрахунок прогину для двох вильотів, демонстрація кубічної залежності.
6. Самостійне виконання за варіантами.
7. Підсумок: чому чорновий і чистовий проходи розділяють.

Завдання для здобувачів

- Обчислити механічне напруження в перерізі деталі та порівняти його з допустимим.
- Визначити абсолютне видовження стрижня за законом Гука; знайти модуль Юнга за результатами вимірювань.
- Розрахувати пружне віджимання за заданою жорсткістю системи й перевести його в похибку діаметра; порівняти з допуском.
- Визначити загальну жорсткість системи з податливостей чотирьох ланок і вказати найслабшу.
- Обчислити прогин оправки для двох значень вильоту й знайти їх відношення.

Очікуваний результат. *Здобувач кількісно пояснює походження похибки форми та обґрунтовує заходи її зменшення.*

МОДУЛЬ II. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5

Газові закони. Розрахунок параметрів цехової пневмомережі

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

Мета заняття

Дидактична: Навчити застосовувати газові закони та рівняння стану до розрахунку параметрів стисненого повітря.

Методологічна: Закріпити обов'язкове використання абсолютної шкали температур у газових формулах.

Професійно-адаптивна: Показати фізичну причину появи конденсату в пневмомережі та принципову різницю між пневмо- й гідроприводом.

Хід заняття

1. Актуалізація: у формулу газового закону підставили 20 градусів Цельсія. Що вийде і чому це помилка?
2. Розбір біля дошки: обчислення об'єму ресивера за заданими параметрами; застосування об'єднаного газового закону.
3. Задача на ізотермічне стискання: у скільки разів зменшиться об'єм повітря при стисканні до 6 бар.
4. Розрахунок маси повітря в ресивері за рівнянням Клапейрона—Менделєєва.
5. Обговорення адіабатного нагрівання при стисканні та охолодження при розширенні; зв'язок із вологовідокремлювачем.
6. Самостійне виконання за варіантами.

7. Підсумок: чому пневмоциліндр не забезпечує жорсткої фіксації положення.

Завдання для здобувачів

- Визначити об'єм, тиск або температуру стисненого повітря за об'єднаним газовим законом.
- Обчислити масу повітря в ресивері заданого об'єму за рівнянням стану.
- Розрахувати, у скільки разів зменшиться об'єм повітря при стисканні від атмосферного тиску до тиску мережі.
- Побудувати графік ізотермічного процесу в координатах p — V .

Очікуваний результат. *Здобувач пояснює появу води в пневмоапаратурі, спираючись на поведінку газу при стисканні та охолодженні.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6

Рівняння теплового балансу. Розподіл теплоти при різанні

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

Мета заняття

Дидактична: Навчити складати й розв'язувати рівняння теплового балансу, обчислювати кількість теплоти при нагріванні.

Методологічна: Сформувати вміння переходити від потужності до енергії та назад.

Професійно-адаптивна: Показати кількісно, куди відводиться теплота різання і як розподіл змінюється зі швидкістю.

Хід заняття

1. Актуалізація: потужність різання 5 кВт. Скільки теплоти виділиться за одну хвилину роботи?
2. Розбір біля дошки: обчислення кількості теплоти для нагрівання сталевих та алюмінієвих деталей однакової маси; порівняння теплоємностей.
3. Розрахунок розподілу теплоти різання між стружкою, деталлю, інструментом і середовищем за заданими частками.
4. Оцінка нагрівання деталі: яку температуру вона набуде, якщо вся призначена їй частка теплоти піде на нагрівання.
5. Задача на тепловий баланс «гаряча деталь — МОР»: визначення кінцевої температури емульсії в баку.
6. Самостійне виконання за варіантами.
7. Підсумок: чому високошвидкісна обробка залишає деталь холоднішою.

Завдання для здобувачів

- Обчислити кількість теплоти, потрібну для нагрівання заготовки заданої маси на задану різницю температур.
- Визначити теплоту, що виділяється за заданий час при відомій потужності різання.
- Розрахувати розподіл цієї теплоти між стружкою, деталлю, інструментом і середовищем; оформити результат таблицею.
- Скласти й розв'язати рівняння теплового балансу для системи «деталь — емульсія».

Очікуваний результат. *Здобувач обґрунтовує вплив швидкості різання на нагрівання деталі числом, а не загальними словами.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

Розрахунок ККД циклу та холодильного коефіцієнта. Підбір чилера для МОР

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

Мета заняття

Дидактична: Навчити обчислювати ККД теплового двигуна й циклу Карно та холодильний коефіцієнт холодильної машини.

Методологічна: Закріпити розуміння того, чому холодильний коефіцієнт може перевищувати одиницю, а ККД — ні.

Професійно-адаптивна: Показати, як визначають потрібну холодопродуктивність установки термостабілізації МОР.

Хід заняття

1. Актуалізація: чи не суперечить холодильний коефіцієнт 3,5 закону збереження енергії? Розбір відповіді.
2. Розбір біля дошки: обчислення ККД циклу Карно за температурами; демонстрація того, що жоден «покращувач» не підніме його вище.
3. Розрахунок теплового навантаження на систему охолодження МОР за потужністю різання й часом роботи.
4. Визначення потрібної холодопродуктивності чилера для підтримання заданої температури емульсії.
5. Обчислення споживаної потужності компресора за холодильним коефіцієнтом; висновок про теплове навантаження на цех.
6. Самостійне виконання за варіантами.
7. Підсумок: чому нагріта емульсія погано охолоджує зону різання.

Завдання для здобувачів

- Обчислити ККД теплового двигуна за температурами нагрівника й холодильника.
- Визначити холодильний коефіцієнт та споживану потужність компресора за заданою холодопродуктивністю.
- Розрахувати теплове навантаження на систему охолодження за потужністю різання та коефіцієнтом одночасності.
- Обрати холодопродуктивність чилера з ряду типорозмірів і обґрунтувати запас.

Очікуваний результат. *Здобувач обґрунтовує вибір холодильної установки розрахунком теплового балансу, а не «за аналогією».*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

Розрахунок теплового потоку та оцінка нагрівання інструмента

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

Мета заняття

Дидактична: Навчити застосовувати закон Фур'є, обчислювати тепловий потік і термічний опір.

Методологічна: Сформувати вміння порівнювати матеріали за коефіцієнтом теплопровідності й робити з цього технологічні висновки.

Професійно-адаптивна: Показати фізичну причину важкої оброблюваності титану та аустенітних нержавних сталей.

Хід заняття

1. Актуалізація: титан за твердістю не перевершує конструкційну сталь. Чому ж швидкість різання для нього в кілька разів менша?
2. Розбір біля дошки: обчислення теплового потоку через стінку за законом Фур'є для трьох матеріалів із таблиці.
3. Порівняльний розрахунок: скільки теплоти встигає відвестися в заготовку зі сталі й із титану за однаковий час.
4. Оцінка температури різальної кромки за часткою теплоти, що припадає на інструмент; порівняння з межею теплостійкості матеріалу.
5. Задача на залежність стійкості від швидкості різання за формулою Тейлора: у скільки разів впаде стійкість при підвищенні швидкості на 25 %.
6. Самостійне виконання за варіантами.
7. Підсумок: чому кераміка погано переносить переривчасте різання.

Завдання для здобувачів

- Обчислити тепловий потік через пластину за заданими коефіцієнтом теплопровідності, площею, товщиною й різницею температур.

- Порівняти тепловідведення для двох матеріалів із різною теплопровідністю та зробити технологічний висновок.
 - Оцінити температуру кромки інструмента й порівняти її з теплостійкістю інструментального матеріалу.
 - Визначити зміну стійкості інструмента при заданій зміні швидкості різання.
- Очікуваний результат.** *Здобувач пояснює вибір режиму для важкооброблюваного матеріалу через теплопровідність, а не через твердість.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 9

Розрахунок теплового подовження та температури нагрівання для складання з натягом

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

Мета заняття

Дидактична: Навчити обчислювати теплове подовження, температуру нагрівання при тепловому складанні та поправку розміру до нормальної температури.

Методологічна: Сформувати звичку зіставляти обчислену теплову деформацію з допуском на розмір.

Професійно-адаптивна: Показати, чому деталь не вимірюють одразу після обробки й навіщо існує температура 20 °С.

Хід заняття

1. Актуалізація: вал 500 мм нагрівся на 10 °С. Чи вкладеться він у допуск 0,03 мм? Швидка усна оцінка.
2. Розбір біля дошки: обчислення теплового подовження для сталі, чавуну та алюмінієвого сплаву; порівняння коефіцієнтів.
3. Розрахунок поправки до виміряного розміру при відхиленні температури від 20 °С.
4. Задача на теплове складання: визначення температури нагрівання охоплювальної деталі за заданими натягом і зазором на складання.
5. Оцінка теплового зміщення нуля по осі Z при подовженні шпинделя; обговорення теплової компенсації в ЧПК.
6. Самостійне виконання за варіантами.
7. Підсумок: три ситуації в цеху, де теплове розширення псує точність.

Завдання для здобувачів

- Обчислити теплове подовження деталі та порівняти його з допуском на розмір.
- Визначити поправку до виміряного розміру, приведену до температури 20 °С.
- Розрахувати температуру нагрівання зубчастого колеса для складання з натягом.
- Оцінити зміщення нульової точки верстата при заданому подовженні шпинделя.

Очікуваний результат. *Здобувач обґрунтовує витримку деталі перед вимірюванням розрахунком, а не посиланням на інструкцію.*

МОДУЛЬ III. ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 10

Розрахунок електричних кіл і потужності нагрівальних елементів печі

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

Мета заняття

Дидактична: Навчити розраховувати кола зі змішаним з'єднанням провідників, обчислювати потужність і кількість теплоти за законом Джоуля—Ленца.

Методологічна: Закріпити розуміння квадратичної залежності тепловиділення від струму.

Професійно-адаптивна: Показати фізичну причину обгоряння ослаблених контактів в електрошарфі верстата.

Хід заняття

1. Актуалізація: чому струм у колі номінальний, а клема все одно обгоріла?

2. Розбір біля дошки: обчислення еквівалентного опору кола зі змішаним з'єднанням, струмів і напруг на ділянках.
3. Розрахунок нагрівального елемента печі: опір, струм, потужність, кількість теплоти за заданий час.
4. Задача на вибір перерізу кабелю: обчислення втрат і нагрівання при зниженому перерізі.
5. Обчислення локального тепловиділення на перехідному опорі контакту; кількісна демонстрація небезпеки.
6. Самостійне виконання за варіантами.
7. Підсумок: як працюють плавкий запобіжник і тепловий розчіплювач.

Завдання для здобувачів

- Визначити еквівалентний опір кола зі змішаним з'єднанням та розподіл струмів і напруг.
- Обчислити опір, струм і потужність нагрівального елемента за заданими параметрами.
- Розрахувати кількість теплоти, що виділиться за заданий час, і оцінити час нагрівання садки в печі.
- Оцінити тепловиділення на перехідному опорі контакту та порівняти його з потужністю корисного навантаження.

Очікуваний результат. *Здобувач пояснює аварію в електрошафі через закон Джоуля—Ленца й підкріплює пояснення розрахунком.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 11

Задачі на електроліз і термопарі. Опрацювання градувальних характеристик

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

Мета заняття

Дидактична: Навчити застосовувати закон Фарадея до розрахунку гальванічних покриттів і працювати з градувальними характеристиками датчиків температури.

Методологічна: Сформувані навичку роботи з табличними та графічними залежностями, у тому числі з інтерполяцією.

Професійно-адаптивна: Показати, як призначають режим нанесення покриття та як обирають тип датчика для печі й для верстата.

Хід заняття

1. Актуалізація: від чого залежить товщина хромового покриття — від часу, струму чи від обох?
2. Розбір біля дошки: обчислення маси осадженого металу за законом Фарадея та переведення її в товщину шару.
3. Обернена задача: визначення потрібного часу витримки для заданої товщини покриття.
4. Робота з градувальною характеристикою хромель-алюмелевої термопарі: визначення температури за виміряною термо-ЕРС та навпаки.
5. Розрахунок опору платиногового термометра опору за заданої температури; порівняння двох типів датчиків за чутливістю й діапазоном.
6. Самостійне виконання за варіантами.
7. Підсумок: чому для печі термообробки беруть термопару, а для контуру охолодження шпинделя — термоопір.

Завдання для здобувачів

- Обчислити масу металу, осадженого за заданих струму й часу, та визначити товщину покриття.
- Визначити час, потрібний для нанесення покриття заданої товщини.
- За градувальною характеристикою знайти температуру за виміряною термо-ЕРС і виконати зворотне перетворення.
- Обчислити опір термометра опору за заданої температури та оцінити чутливість датчика.

Очікуваний результат. *Здобувач обґрунтовує вибір типу датчика температури для конкретного вузла верстата.*

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 12

Розрахунок трансформатора та частоти обертання двигуна при частотному регулюванні

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

Мета заняття

Дидактична: Навчити обчислювати коефіцієнт трансформації, напруги й струми обмоток та частоту обертання асинхронного двигуна за частотою живлення.

Методологічна: Закріпити розуміння того, що трансформатор змінює напругу й струм, зберігаючи потужність.

Професійно-адаптивна: Показати, як частотний перетворювач забезпечує потрібні оберти шпинделя і як це пов'язано з режимом сталої швидкості різання.

Хід заняття

1. Актуалізація: на скільки треба змінити частоту, щоб шпиндель обертався вдвічі швидше?
2. Розбір біля дошки: обчислення коефіцієнта трансформації, вторинної напруги та струму; перевірка балансу потужностей.
3. Розрахунок частоти обертання асинхронного двигуна за числом пар полюсів і частотою живлення.
4. Обернена задача: визначення частоти, яку має задати перетворювач для отримання потрібних обертів шпинделя з урахуванням передавального відношення.
5. Обчислення активної потужності за коефіцієнтом потужності; оцінка втрат при роботі недовантаженого двигуна.
6. Самостійне виконання за варіантами.
7. Підсумок: що станеться з режимом різання, якщо перетворювач вийде з ладу й привод перейде на пряме живлення.

Завдання для здобувачів

- Обчислити коефіцієнт трансформації, вторинну напругу та струм трансформатора кола керування.
- Визначити синхронну частоту обертання двигуна для двох значень частоти живлення.
- Розрахувати частоту, яку має задати перетворювач для заданої швидкості різання при відомому діаметрі заготовки.
- Обчислити активну потужність за заданим коефіцієнтом потужності й оцінити наслідки роботи двигуна з малим завантаженням.

Очікуваний результат. *Здобувач доводить розрахунок від довідкової швидкості різання до числа, яке задають у частотному перетворювачі.*

МОДУЛЬ IV. КОЛИВАННЯ, ХВИЛІ ТА ОПТИКА

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 13

Розрахунок частоти зубозачеплення й параметрів хвилі. Задачі ультразвукового контролю

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

Мета заняття

Дидактична: Навчити обчислювати період, частоту й довжину хвилі, частоту ударів зубів фрези та глибину залягання дефекту за часом проходження ехосигналу.

Методологічна: Сформувати вміння зіставляти частоту змущувальної сили з власною частотою системи й робити висновок про резонанс.

Професійно-адаптивна: Показати, як розрахунок допомагає підібрати оберти, що виводять систему з режиму вібрації.

Хід заняття

1. Актуалізація: при фрезеруванні з'явився свист і регулярні risks. Що це — вимушені коливання чи автоколивання, і як це розрізнити?
2. Розбір біля дошки: обчислення частоти ударів зубів фрези за числом зубів і частотою обертання.

3. Порівняння отриманої частоти з власною частотою системи; висновок про близькість до резонансу й вибір інших обертів.
4. Обчислення довжини ультразвукової хвилі в сталі за заданою частотою перетворювача; оцінка мінімального розміру дефекту, який вдасться виявити.
5. Розрахунок глибини залягання дефекту за часом приходу ехосигналу; порівняння з товщиною деталі.
6. Самостійне виконання за варіантами.
7. Підсумок: три способи придушення автоколивань і фізика кожного.

Завдання для здобувачів

- Обчислити частоту ударів зубів фрези для двох значень частоти обертання.
- Визначити власну частоту системи за заданими жорсткістю й масою та зробити висновок про небезпеку резонансу.
- Обчислити довжину ультразвукової хвилі в сталі для заданої частоти перетворювача.
- Визначити глибину залягання дефекту за часом проходження сигналу та зіставити її з товщиною поковки.

Очікуваний результат. *Здобувач пропонує конкретну зміну режиму для усунення вібрації й обґрунтовує її розрахунком частот.*

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 застосовувати закон Стефана—Больцмана й закон зміщення Віна, обчислювати енергію кванта та розв'язувати задачі на фотоефект.

Методологічна: Сформувати розуміння сильної нелінійності четвертого степеня й уміння оцінювати наслідки невеликої зміни температури.

Професійно-адаптивна: Показати, як читають термограму й чому пірометр занижує температуру блискучої поверхні.

Хід заняття

1. Актуалізація: пірометр показує на полірованому валу 300 °С, а на матовій мітці поруч — 420 °С. Хто бреше?
2. Розбір біля дошки: обчислення потужності теплового випромінювання за законом Стефана—Больцмана для двох температур; висновок про четвертий степінь.
3. Розрахунок довжини хвилі максимуму випромінювання за законом Віна; пояснення кольору розжареної сталі.
4. Задача на вплив коефіцієнта випромінювання: перерахунок показань пірометра для поверхні з іншим ступенем чорноти.
5. Обчислення енергії кванта та розв'язання задачі на фотоефект для фотоприймача датчика.
6. Аналіз навчальної термограми електрошафи: пошук перегрітого елемента й формулювання висновку.
7. Самостійне виконання за варіантами.

Завдання для здобувачів

- Обчислити потужність теплового випромінювання поверхні для двох температур і знайти їх відношення.
- Визначити довжину хвилі максимуму випромінювання за законом Віна.
- Перерахувати показання пірометра з урахуванням заданого коефіцієнта випромінювання поверхні.
- Обчислити енергію фотона за довжиною хвилі та визначити максимальну кінетичну енергію вибитих електронів.

Очікуваний результат. *Здобувач інтерпретує термограму, перевіряючи ступінь чорноти поверхні, а не довіряючи кольору на екрані.*

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 гамма-дефектоскопії зварних швів і відливок.

Хід заняття

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

Завдання для здобувачів

- Визначити частку ядер, що залишилися, через задані проміжки часу, і побудувати графік розпаду.
- Перерахувати час експозиції для джерела зі зниженою активністю.
- 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.
- 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 механічної обробки.
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. Особливу увагу приділяють діаметрам (мм $\rightarrow$ м), частоті обертання (об/хв $\rightarrow$ об/с), швидкості різання (м/хв $\rightarrow$ м/с) і тиску (бар $\rightarrow$ Па).
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 й довідковим режимам обробки.
7. Розв'язання завершується висновком про те, що отриманий результат означає для роботи верстата, інструмента або деталі.