



ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора з навчально-методичної роботи
ЗНО «Дніпровський професійний технологічний коледж»

Сергій ГОРДІЄНКО

«28» серпня 2026 р.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПІДГОТОВКИ ТА ПРОХОДЖЕННЯ ПІДСУМКОВОГО ЕКЗАМЕНУ

Цільова аудиторія: Дисципліна: «Технічна механіка» Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»
освітньо-професійний ступінь: «фаховий молодший бакалавр»

1. ФІЛОСОФІЯ ЕКЗАМЕНУ: ВІД СТРЕСУ ДО ЗАХИСТУ КОМПЕТЕНЦІЙ

Підсумковий контроль (екзамен або диференційований залік) з «Технічної механіки» варто розглядати не як формальну перевірку механічної пам'яті, а як виробничу нараду чи захист конструкторського проєкту перед керівництвом (наприклад, інженерами ТОВ "Інтерпайп" чи ПП "Висотпромсервіс").

Для здобувачів, які проходять етап соціальної та психологічної реінтеграції (зокрема ветеранів), екзамен будується на принципах психологічної безпеки. Хвилювання є природним станом, а помилка у формулі розглядається як привід для конструктивного аналізу, а не як катастрофа. Комісія ЗПО «Дніпровський професійний технологічний коледж» налаштована на професійний діалог.

2. АУДИТОРНА ПІДГОТОВКА ДО ЕКЗАМЕНУ (ЗАГАЛЬНИЙ ОБСЯГ —30 ГОДИН).

Аудиторна підготовка до підсумкового контролю з «Технічної механіки» — це не пасивне прослуховування лекцій, а інтенсивний проблемно-орієнтований тренінг (Problem-Based Learning), спрямований на глибоку систематизацію набутих компетенцій. Усі 30 годин аудиторної роботи розподілені між розбором складних інженерних кейсів, побудовою розрахункових схем та симуляцією захисту проєктів перед експертною комісією.

Цей етап має на меті трансформувати ваші теоретичні знання у стійкі практичні навички, які ви зможете безпомилково застосувати як на іспиті, так і в реальних цехах провідних підприємств (ТОВ "Інтерпайп", ПП "Висотпромсервіс", ТОВ "Аксор індастрі" тощо). Розглянемо методологію підготовки за кожним змістовим модулем.

Блок 1. Систематизація знань зі Змістового модуля 1 «Статика абсолютно твердого тіла» (8 годин) Тема та фокус: Еквівалентні перетворення просторових і плоских систем сил. Аналіз умов абсолютної рівноваги металоконструкцій (рам, балок, ферм) під дією зовнішніх навантажень.

Інженерний вимір (Спец. 131): Під час підготовки згадайте наші практичні заняття. Як принцип звільнення від в'язей дозволяє перетворити складну зварну раму з фізичного об'єкта на строгу математичну модель? Коли ви на заводі проєктуєте опорний вузол для важкого обладнання, ви використовуєте теорему Пуансо для зведення сотень хаотичних сил до єдиного головного вектора і головного моменту.

Психологічний аспект (Trauma-Informed Approach): Статика — це наука про баланс та непорушність. Для слухачів, які шукають внутрішньої стабільності, цей модуль демонструє, що будь-яку, навіть найскладнішу і найбільш хаотичну систему зовнішніх впливів можна врівноважити правильним розрахунком реакцій опор. Рівняння $\sum X=0, \sum Y=0$ — це математичне відображення стабільності, де кожній дії є адекватна та передбачувана протидія. Робота над цим блоком вчить знаходити "точку опори" (центр ваги) у будь-якій ситуації.

Ключові навички для тренування: Швидка ідентифікація «нульових стрижнів» у фермах, правильне спрямування векторів реакцій (відкидання ідеально гладких поверхонь та жорстких защемлень), складання рівнянь моментів відносно "точки Ріттера".

Блок 2. Систематизація знань зі Змістового модуля 2 «Кінематика точки та твердого тіла» (7 годин) Тема та фокус: Геометрія механічного руху. Плоскопаралельний рух, аналіз траєкторій, швидкостей та прискорень (дотичних і нормальних). Складний рух точки.

Інженерний вимір (Спец. 131): Готуючись до цього блоку, перекладіть сухі формули на мову роботизованих комплексів. Як кутова швидкість обертача труби впливає на лінійну швидкість зварювання? Як застосувати метод миттєвого центра швидкостей (МЦШ) для аналізу кулісного механізму подачі дроту? Кінематика вчить нас, що рух інструменту є строго детермінованим.

Психологічний аспект (Trauma-Informed Approach): Вивчення кінематики — це вивчення передбачуваності руху. Навіть найскладніший рух багатоланкового маніпулятора розкладається на прості складові (поступальний і обертальний рухи). Особливу увагу приділіть теоремі Коріоліса. Розуміння правила Жуковського дає змогу усвідомити: жодне відхилення не є випадковим — воно підкоряється суворим геометричним законам. Це формує відчуття контрольованого простору, де немає місця хаотичним чи раптовим змінам.

Ключові навички для тренування: Побудова планів швидкостей та прискорень у масштабі, безпомилкове знаходження МЦШ для шатунів, застосування формул Ейлера та векторне диференціювання.

Блок 3. Систематизація знань зі Змістового модуля 3 «Динаміка» (7 годин) Тема та фокус: Закони Галілея-Ньютона, диференціальні рівняння руху. Метод кінетостатики (Принцип Даламбера), теорія коливань та явище механічного резонансу. Загальні теореми динаміки.

Інженерний вимір (Спец. 131): Динаміка — це серцевина надійності. Під час аудиторної підготовки ми розглядаємо, як сили інерції, що виникають під час розгону або гальмування важких мас металу, навантажують зварні шви. Як за допомогою теореми про зміну кінетичної енергії розрахувати гальмівний шлях візка? Як "розстроїти" систему, щоб уникнути резонансу від роботи промислового двигуна?

Психологічний аспект (Trauma-Informed Approach): Цей модуль свідомо викладається з акцентом на управління та гасіння (демпфування) агресивних впливів. Терміни "удар" або "вібрація" розглядаються не як катастрофічні явища, а як інженерні задачі, що мають розв'язок. Наприклад, вивчення явища резонансу фокусується на методах віброізоляції та введенні в'язкого опору. Принцип Даламбера демонструє унікальну здатність інженера зводити динамічний, стресовий процес руху до стану "квазістатичної рівноваги" шляхом введення фіктивних сил інерції. Це глибока філософська метафора: будь-який динамічний тиск можна врівноважити правильним аналітичним підходом.

Ключові навички для тренування: Правильне спрямування сил інерції (суворо проти прискорення), вибір оптимальної загальної теореми динаміки (залежно від того, чи задано час, чи шлях), розрахунок коефіцієнта динамічності μ .

Блок 4. Систематизація знань зі Змістового модуля 4 «Основи опору матеріалів» (8 годин) Тема та фокус: Метод перерізів, розрахунок балок на міцність та жорсткість. Згин, крутіння, розтяг/стиск. Побудова епюр поздовжніх/поперечних сил і згинальних моментів. Розрахунок зварних з'єднань на зріз.

Інженерний вимір (Спец. 131): На екзамені ви маєте довести, що вмієте захистити свою конструкцію. Згадайте лабораторні роботи з розривними машинами. Як діаграма розтягу матеріалу дозволяє обрати правильний коефіцієнт запасу міцності? Як підібрати оптимальний номер сталевих двотавра за ДСТУ, спираючись на максимальний згинальний момент з епюри? Як розрахувати катет флангового кутового зварного шва, щоб гарантувати його незруйновність при зсуві по бісекторній площині?

Психологічний аспект (Trauma-Informed Approach): Опір матеріалів вивчає межі витривалості та здатність до відновлення. Ми акцентуємо увагу на "зоні пружності" — здатності металу (і людини) повертатися до початкового стану після зняття навантаження. Розглядаючи пластичні деформації (площадку плинності), ми говоримо про них як про інженерну перевагу: пластичний матеріал "попереджає" про перевантаження, даючи час на реакцію, на відміну від крихкого. Це формує розуміння того, що гнучкість і здатність до пластичної адаптації є запорукою виживання системи.

Ключові навички для тренування: Впевнене володіння алгоритмом РОЗЗ (Розрізати – Відкинути – Замінити – Зрівноважити). Читання епюр за диференціальними залежностями

Журавського. Обчислення осьових та полярних моментів опору. Робота з нормативно-довідковою документацією (сортаментами металопрокату).

Підсумок аудиторної підготовки: Ці 30 годин — це ваш тренувальний полігон. Завершивши цей цикл, ви повинні перестати бачити в екзамені "загрозу оцінювання". Ви маєте сприймати його як фінальний аудит вашого інженерного мислення, після якого ви готові перенести свої навички з аркуша міліметрового паперу в реальні виробничі цехи.

3. СТРУКТУРА ПІДСУМКОВОГО ЕКЗАМЕНУ ТА ПРАВИЛА ОЦІНЮВАННЯ

Підсумковий контроль з «Технічної механіки» розроблений за принципами комплексної валідації інженерних компетентностей. Його архітектура цілковито виключає можливість випадкового вгадування чи механічного заучування. Екзаменаційний білет — це мініатюрна модель вашого майбутнього технічного завдання на виробництві, яка вимагає синтезу теоретичних знань, просторової уяви та навичок математичного моделювання.

Прозорість правил оцінювання є наріжним каменем нашої академічної культури. Для здобувачів освіти (особливо для осіб із бойовим досвідом або тих, хто проходить реінтеграцію) абсолютна ясність, передбачуваність та справедливість вимог є критично важливими факторами психологічної стабілізації. Коли правила гри незмінні і відомі заздалегідь, екзаменаційний стрес трансформується у здорову професійну зосередженість.

3.1. Загальна конфігурація балів та Жорсткий бар'єр компетентності Відповідно до силабусу дисципліни, підсумкова оцінка формується за 100-бальною накопичувальною системою:

70 балів — максимальна оцінка за семестрову роботу (поточні практичні заняття, захист чотирьох індивідуальних розрахунково-графічних робіт (РГР) та модульні тестування).

30 балів — максимальна оцінка безпосередньо за підсумковий екзамен (або диференційований залік).

КРИТИЧНА УМОВА СКЛАДАННЯ ЕКЗАМЕНУ (Інженерний запобіжник): Якщо на підсумковому екзамені здобувач набирає в сумі менше 18 балів (з 30 можливих), екзамен вважається НЕСКЛАДЕНИМ (оцінка FX), незалежно від того, наскільки високими були його бали протягом семестру.

Філософія цієї вимоги: В інженерії не існує "часткової" безпеки. Фахівець, який блискуче креслить, але не здатний у стресовій ситуації відрізнити нормальне напруження від дотичного, не може бути допущений до проектування реальних зварних металоконструкцій на таких підприємствах, як ТОВ "Інтерпайп" чи ПП "Висотпромсервіс". Цей бар'єр у 18 балів гарантує суспільству, що диплом отримає лише той фаховий молодший бакалавр, чиї базові знання з міцності та статички є непохитними. Це не покарання, а найвищий вияв соціальної відповідальності нашого коледжу.

3.2. Архітектура екзаменаційного білета Кожен екзаменаційний білет складається з трьох незалежних завдань, кожне з яких оцінюється за шкалою від 0 до 10 балів. Завдання диференційовані за рівнями когнітивної складності:

Питання 1 (10 балів): Теоретичний блок (Статика або Кінематика)

Мета: Перевірка здатності оперувати фундаментальною аксіоматикою.

Сутність: Здобувач має сформулювати фізичний закон, теорему або аксіому (наприклад, теорему Пуансо, правило Жуковського, принцип звільнення від в'язей) та пояснити їхній математичний зміст.

Очікуваний формат відповіді: Відповідь не повинна бути сухим книжковим визначенням.

Вимагається побудова ескізу (наприклад, ілюстрація паралельного перенесення сили з додаванням приєднаної пари) та коротке пояснення того, як ця теорема застосовується для ідеалізації реального зварного вузла.

Питання 2 (10 балів): Теоретико-аналітичний блок (Динаміка або Опір матеріалів)

Мета: Перевірка розуміння фізичних процесів деформування тіл та динамічних навантажень.

Сутність: Аналіз складних процесів. Наприклад, пояснення диференціальних залежностей Журавського, розбір машинної діаграми розтягу низьковуглецевої сталі (з ідентифікацією площадки плинності та зони зміцнення), або пояснення механічного резонансу та методів віброізоляції.

Очікуваний формат відповіді: Здобувач повинен написати формули (наприклад, умову міцності при згині $\sigma_{\max} = M_{\max} / W_x \leq [\sigma]$), намалювати графік (наприклад, АЧХ або епюру) та дати розгорнутий аналіз того, як ці процеси впливають на довговічність і надійність обладнання.

Питання 3 (10 балів): Практичний інженерний кейс (Розрахункова задача)

Мета: Валідація праксеологічних навичок. Здатність довести розрахунок до конкретного інженерного рішення.

Сутність: Здобувач отримує вихідні дані реальної конструкції. Завдання може включати: побудову епюр поперечних сил (Q) та згинальних моментів (M) для статично визначуваної балки; підбір профілю (двотавра чи швелера) за нормативними таблицями ДСТУ; проєктувальний розрахунок флангового кутового зварного шва на зріз по бісекторній площині. Очікуваний формат відповіді: Повноцінний інженерний звіт. Він обов'язково включає: розрахункову схему в масштабі, застосування методу перерізів (РОЗЗ), безпомилкові алгебраїчні обчислення, математичну перевірку результату та остаточний експертний висновок (наприклад, "Міцність забезпечена, коефіцієнт запасу відповідає нормам").

4. АЛГОРИТМ ТА ЛОГІКА ФОРМУЛЮВАННЯ ВІДПОВІДЕЙ НА ЕКЗАМЕНІ

В інженерній практиці правильна кінцева цифра, отримана без чіткого логічного обґрунтування, вважається випадковістю, а не розрахунком. Підсумковий екзаме́н з «Технічної механіки» вимагає від здобувача освіти демонстрації структурованого, детермінованого та аналітичного мислення. Комісія оцінює не лише вашу здатність запам'ятати формулу, але й уміння довести її фізичну доцільність та застосувати для гарантування надійності металоконструкції.

Для здобувачів (особливо тих, хто має схильність до екзаменаційного стресу чи проходить соціально-психологічну адаптацію) наявність чіткого алгоритму відповіді слугує своєрідним «когнітивним якорем». Коли виникає хвилювання, жорстка структура дозволяє Системі 2 (раціональному, повільному мисленню) перехопити контроль над емоціями і крок за кроком вибудувати ідеальний захист свого проєкту.

Щоб отримати максимальний бал (9–10 балів) за теоретичні та аналітичні питання білета, ваша відповідь має будуватися за універсальним інженерним алгоритмом «Т.А.П.В.» (Теза – Аргумент – Приклад – Висновок).

4.1. Розшифровка алгоритму «Т.А.П.В.» для Технічної механіки

[1. ТЕЗА (Коротке фізико-математичне визначення)]

Що це таке? Почніть відповідь із чіткого, лаконічного та академічно правильного формулювання закону, теореми або гіпотези.

Приклад (Теорема Коріоліса): «Абсолютне прискорення точки у складному русі, коли переносний рух є обертальним, дорівнює геометричній (векторній) сумі трьох прискорень: відносного, переносного та коріолісового (поворотного)».

[2. АРГУМЕНТ (Розкриття суті та математичного апарату)]

Чому це так працює? На цьому етапі ви розкриваєте механіку процесу. Запишіть формулу, поясніть кожен її компонент. Доведіть, що ви розумієте природу явища.

Приклад: «Поява прискорення Коріоліса ($a_k = 2 \cdot \omega \cdot v_{\text{r}} \cdot \sin \alpha$) зумовлена взаємним впливом двох рухів: обертання системи змінює напрямок вектора відносної швидкості, а відносне переміщення змінює величину переносної швидкості. Напрямок цього вектора визначається за правилом Жуковського».

[3. ПРИКЛАД (Професійна локалізація для ОПП «Зварювальне виробництво»)]

Як це застосовується на реальному заводі? Це найважливіший етап, який відрізняє фахівця від теоретика. Перенесіть закон фізики у цех ТОВ "Інтерпайп" чи на лінію ТОВ "ДАЗ".

Приклад: «У зварювальному виробництві цей закон критично важливий при проєктуванні порталних маніпуляторів. Коли стріла маніпулятора обертається (ω), а зварювальний трактор одночасно їде вздовж неї (v_r), виникає сила інерції Коріоліса. Якщо її не врахувати при розрахунку жорсткості напрямних, виникне бічне відхилення голівки, що призведе до браку зварного шва».

[4. ВИСНОВОК (Інженерний та безпековий рівень)]

Який кінцевий технічний результат? Зробіть підсумок щодо того, як розуміння цього закону гарантує безпеку та ефективність.

Приклад: «Отже, врахування коріолісового прискорення дозволяє точно розрахувати динамічні навантаження, забезпечити абсолютну стабільність позиціонування інструменту та уникнути перевантаження металоконструкції під час штатної експлуатації».

4.2. Логіка захисту

Питання №3 (Практичний інженерний кейс) Практична задача — це кульмінація вашого екзамену. Ваша відповідь біля дошки або у екзаменаційному бланку має виглядати як стислий технічний звіт. Якщо ви просто мовчки напишете цифри, комісія не зможе оцінити ваш хід думок. Озвучуйте кожен свій інженерний крок:

Діагностика навантаженого стану:

Ваші слова: «Проаналізувавши розрахункову схему, я ідентифікую, що дана балка працює в умовах прямого поперечного вигину, оскільки зовнішні сили перпендикулярні до її поздовжньої осі і лежать у головній площині інерції».

Застосування принципу звільнення від в'язей:

Ваші слова: «Для переходу до ідеалізованої моделі я відкидаю шарнірно-нерухому та шарнірно-рухому опори, замінюючи їх відповідними векторами реакцій (R_A та R_B). Для їх знаходження я складаю рівняння моментів відносно опорних точок, щоб мінімізувати кількість невідомих у рівнянні».

Артикуляція методу РОЗЗ (Метод перерізів):

Ваші слова: «Щоб знайти внутрішні зусилля (епюри Q та M), я розбиваю балку на вантажні ділянки і послідовно застосовую метод перерізів. Я уявно розрізаю балку, відкидаю праву частину і замінюю її дію внутрішніми силовими факторами. Згинальний момент вважаю додатним, оскільки він розтягує нижні волокна балки».

Верифікація розрахунку (Самоконтроль):

Ваші слова: «Для підтвердження правильності моїх розрахунків я спираюся на диференціальні залежності Журавського. Як бачимо на моїй епюрі, у точці $Z=2.5$ м поперечна сила Q дорівнює нулю. Відповідно, саме в цій точці епюра згинального моменту досягає свого абсолютного максимуму. Геометрія епюр повністю відповідає математичним законам».

Прийняття експертного рішення (Підбір профілю):

Ваші слова: «Визначивши небезпечний переріз ($M_{\max}$), я використовую умову міцності при вигині ($\sigma_{\max} \leq [\sigma]$). Необхідний момент опору становить 215 см^3 . Звернувшись до державного стандарту (ДСТУ 8239-89), я обираю сталевий двотавр №22. Його фактичний момент опору (232 см^3) перевищує розрахунковий. Отже, я гарантую міцність та експлуатаційну надійність даної конструкції».

4.3. Управління помилками під час відповіді (Error Management)

Під час усного захисту комісія може ставити уточнювальні запитання або вказувати на можливі розбіжності у ваших кресленнях. У межах концепції "Error Tolerance" (толерантності до помилок) ваша реакція на ці зауваження оцінюється так само високо, як і самі знання.

Неправильна реакція (захисна): Сперечатися, мовчати, панікувати або виправдовуватися стресом.

Правильна реакція (інженерна): Сприймати зауваження як штатний процес дефектації.

Алгоритм дій: Вислухайте комісію → Скажіть: "Дякую, дозвольте мені перевірити баланс моментів (або правило знаків) у цьому вузлі" → Знайдіть арифметичну чи логічну неточність → Виправте її на дошці → Поясніть, як ця зміна вплине на кінцевий вибір металопрокату. Такий підхід доводить, що ви не школяр, який боїться поганої оцінки, а зрілий фаховий молодший бакалавр, для якого встановлення об'єктивної фізичної істини та забезпечення безпеки конструкції є найвищим пріоритетом.

• МАТРИЦЯ ОЦІНЮВАННЯ ПІДСУМКОВОГО ЕКЗАМЕНУ

Підсумкове оцінювання з дисципліни «Технічна механіка» здійснюється за принципами абсолютної прозорості, об'єктивності та кваліметричного підходу. Оскільки компетентність фахового молодшого бакалавра-машинобудівника безпосередньо корелює з технологічною безпекою та надійністю металоконструкцій, критерії оцінювання виключають можливість формального або поверхневого підходу.

Філософія оцінювання (Trauma-Informed Approach): Оцінка не є інструментом покарання. Це професійний індикатор (аудит), який показує, наскільки здобувач готовий до самостійного проєктування та експлуатації зварювального устаткування на таких підприємствах, як ТОВ "Інтерпайп" чи ПП "Висотпромсервіс". Зниження балу супроводжується обов'язковим розгорнутим коментарем екзаменатора із вказівкою на те, як саме виявлена помилка могла б вплинути на надійність реальної конструкції.

.1. Комплексний дескриптор екзаменаційної оцінки (за 1 питання білета)

Кожен білет складається з трьох питань (два теоретико-аналітичних та одне практичне). Кожне питання оцінюється незалежно за 10-бальною шкалою. Нижче наведено розширену матрицю дескрипторів, яка регламентує вимоги до відповідей на різних рівнях компетентності.

Бали (з 10)	Рівень компетентності (за шкалою ECTS)	Розгорнутий дескриптор (Критерії досягнення та очікувана поведінка)
9 - 10	Високий (A) <i>Відмінно</i>	Питання 1 та 2 (Теорія): Вичерпна, глибока та логічно структурована відповідь (із застосуванням алгоритму «Т.А.П.В.»). Здобувач демонструє вільне володіння професійною інженерною термінологією, математичним та диференціальним апаратом механіки. Фізична сутність теорем та аксіом розкрита повністю. Здобувач самостійно ілюструє відповідь релевантними прикладами зі зварювального виробництва (наприклад, пояснюючи кінематику позиціонера або температурні напруження у зварному шві). Питання 3 (Практика): Еталонне виконання розрахунково-графічного кейсу. Розрахункова схема ідеалізована бездоганно. Вектори реакцій та навантажень вказані правильно. Епюри побудовані з суворим дотриманням масштабів та диференціальних залежностей Журавського. Профіль підібрано за чинними ДСТУ раціонально. Інженерний висновок є аргументованим і підтверджує абсолютну безпеку конструкції.
7 - 8	Достатній (B, C) <i>Добре</i>	Питання 1 та 2 (Теорія): Відповідь розкриває суть питання, здобувач розуміє головні фізико-механічні закономірності. Проте наявні незначні неточності у формулюваннях законів, відсутність глибокої деталізації або невміння самостійно навести переконливий виробничий приклад. Здобувач швидко виправляє власні помилки під час уточнювального діалогу з екзаменатором. Питання 3 (Практика): Загальний алгоритм розв'язання (наприклад, метод перерізів РОЗЗ) застосовано вірно. Задача доведена до кінцевого логічного результату. Проте наявні одиничні арифметичні похибки, що не призводять до критичної втрати міцності, або присутні незначні огріхи в графічному оформленні (відсутність штрихування на епюрах, неточності у пропорціях). Умова міцності перевірена правильно.
5 - 6	Середній (D, E) <i>Задовільно</i>	Питання 1 та 2 (Теорія): Знання мають фрагментарний, поверховий характер. Здобувач механічно відтворює завчені формули, але відчуває серйозні труднощі з поясненням їх фізичного змісту. Відповідь не структурована, бракує логіки

		викладу. Потрібна постійна допомога, підказки та навідні запитання з боку екзаменаційної комісії. Питання 3 (Практика): Базове (порогове) розуміння методів розрахунку. Розрахункова схема побудована правильно, але є суттєві методологічні помилки у складанні рівнянь статички чи обчисленні моментів. Епюри внутрішніх силових факторів побудовані з порушенням правил знаків. Здобувач здатний ідентифікувати небезпечний переріз лише інтуїтивно, проте розуміє загальну необхідність дотримання умови міцності.
0 - 4	Низький (FX, F) <i>Незадовільно</i>	Усі питання: Суть питання абсолютно не розкрита. Здобувач не орієнтується у базових категоріях класичної механіки (не розрізняє масу і силу, швидкість і прискорення, напруження і момент). Відсутнє розуміння аксіоматики статички та динаміки. Практика: Повна неспроможність виконати інженерне завдання. Здобувач не здатний застосувати принцип звільнення від в'язей, побудувати найпростішу розрахункову схему чи знайти опорні реакції балки навіть за умови детальних підказок комісії. <i>Допуск такого здобувача до проєктування конструкцій становить пряму загрозу технологічній безпеці (Компетенція не підтверджена).</i>

2. Деталізація оцінювання практичного інженерного кейсу (Питання 3)

Для забезпечення абсолютної транспарентності, 10 балів, виділених на практичну задачу (наприклад, розрахунок балки на вигин та підбір двотавра), розподіляються за такими внутрішніми критеріями (праксеологічними індикаторами):

- **Побудова розрахункової схеми (2 бали):** Правильне застосування принципу звільнення від в'язей, коректне зображення векторів активних сил та опорних реакцій, дотримання пропорцій.
- **Рівняння статички та опорні реакції (2 бали):** Безпомилкове складання алгебраїчних рівнянь рівноваги ($\Sigma X=0$, $\Sigma Y=0$, $\Sigma M=0$), правильне обчислення реакцій та обов'язкова наявність математичної перевірки.
- **Метод перерізів та рівняння внутрішніх зусиль (2 бали):** Правильне розбиття на розрахункові ділянки, коректне складання функцій $Q(z)$ та $M(z)$ з дотриманням правил знаків опору матеріалів.
- **Побудова епюр (2 бали):** Геометрично правильна побудова епюр з дотриманням диференціальних залежностей Журавського. Вірна ідентифікація екстремумів та точок перетину з нульовою віссю.
- **Умова міцності та висновок (2 бали):** Правильний розрахунок необхідного моменту опору, коректна робота з таблицями ДСТУ для підбору профілю, технічно грамотний експертний висновок щодо забезпечення надійності.

3. Жорсткий бар'єр компетентності (Правило «18 балів»)

Відповідно до політики забезпечення якості освіти коледжу, оцінка за підсумковий екзамен сумується з поточним семестровим рейтингом здобувача **ЛИШЕ за умови**, що на самому екзамені здобувач набрав у сумі за три питання не менше ніж **18 балів з 30 можливих** (тобто підтвердив мінімальний пороговий рівень — не нижче "Задовільно").

Алгоритм дій при отриманні оцінки «FX» (Нескладено)

Якщо здобувач набирає від 0 до 17 балів за екзамен, загальна дисципліна вважається нескладеною. У контексті Trauma-Informed Approach це не трактується як "провал" або покарання. Це об'єктивний інженерний факт: на даний момент рівень знань здобувача не дозволяє гарантувати безпеку тих конструкцій, які він проєктуватиме. Здобувачу призначається додатковий період для самостійного опрацювання матеріалу з подальшим повторним складанням екзамену (реалізація принципу "Толерантності до помилок").

БЛОК 5.1. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ЗНАНЬ ЗІ ЗМІСТОВОГО МОДУЛЯ 1

Тема: Статика абсолютно твердого тіла. Фундаментальна аксіоматика рівноваги, еквівалентні перетворення систем сил та розрахунок надійності опорних вузлів зварних металлоконструкцій (рам і ферм).

Обсяг часу: 8 годин (аудиторна/самостійна підготовка).

Мета підготовки: Навчити слухача пов'язувати абстрактні математичні закони статички з реальними інженерними практиками, щоб під час екзамену не просто цитувати теореми, а демонструвати здатність ідеалізувати зварні вузли, складати розрахункові схеми та гарантувати їхню рівновагу під дією зовнішніх навантажень.

1. ФОКУС-ТЕМА А: АКсіОМАТИКА ТА ПРИНЦИП ЗВІЛЬНЕННЯ ВІД В'ЯЗЕЙ

Як це розуміти та здавати на екзамені: Коли на іспиті вам випадає питання про аксіоми статички або в'язі, ви маєте пояснити, що це — фундамент інженерного моделювання. Реальний зварний каркас занадто складний для прямого розрахунку. Аксіома звільнення від в'язей дозволяє відкинути фундаменти, троси чи шарніри і замінити їхню механічну дію математичними векторами (реакціями). Ви маєте довести, що вмієте перетворювати фізичний об'єкт на строгу розрахункову схему.

Ключові тези для екзаменаційної відповіді:

- **Фізична суть:** Невільне тіло можна розглядати як вільне, якщо його зв'язки з іншими тілами (в'язі) замінити відповідними силами реакцій. Це перший і найголовніший крок будь-якого розрахунку.
- **Інженерна проєкція (ОПП «Зварювальне виробництво»):** Коли ви монтуєте консольну балку на ТОВ "Інтерпайп", ви повинні знати, що жорстке защемлення генерує три невідомі реакції (дві сили і момент). Неправильна ідентифікація в'язі призведе до невірно складених рівнянь статички, а отже — до хибного вибору металлопрокату та аварії.
- **Адаптаційний аспект (Trauma-Informed Approach):** Статика вивчає рівновагу. Для слухачів-ветеранів розуміння статички — це метафора пошуку стабільності. У статисти немає хаосу: кожній дії (навантаженню) система відповідає точно розрахованою протидією (реакцією). Якщо сума всіх сил і моментів дорівнює нулю, система абсолютно стабільна. Це формує відчуття передбачуваності та контролю над матеріальним світом.

2. ФОКУС-ТЕМА Б: ТЕОРЕМА ПУАНСО ТА АНАЛІЗ ФЕРМ

Як це розуміти та здавати на екзамені: Це питання перевіряє вашу здатність до системного аналізу. Теорема Пуансо доводить, що будь-яку кількість хаотичних навантажень можна звести до єдиного центру. А метод перерізів (Ріттера) показує, що для перевірки міцності конкретного вузла не обов'язково розраховувати всю конструкцію — достатньо "розрізати" її в потрібному місці.

Ключові тези для екзаменаційної відповіді:

- **Головний вектор і Головний момент:** Будь-яка складна просторова система сил зводиться до однієї рівнодійної сили (яка намагається зрушити деталь) та однієї пари сил (яка намагається її обернути).
- **Логіка розрахунку ферм:** Зварні ферми (наприклад, кранові естакади на ПП "Висотпромсервіс") розраховуються з припущенням, що їхні стрижні працюють виключно на розтяг або стиск. Метод вирізання вузлів — це детальне "сканування" всієї конструкції, а спосіб Ріттера — це "хірургічний" переріз для швидкої перевірки критичної панелі.

[АЛГОРИТМ: ВІД РЕАЛЬНОСТІ ДО РІВНОВАГИ]

КРОК 1. ФІЗИЧНИЙ ОБ'ЄКТ (Зварна рама цеху)

|

КРОК 2. ПРИНЦИП ЗВІЛЬНЕННЯ ВІД В'ЯЗЕЙ

(Відкидаємо фундамент -> малюємо вектори R_x , R_y , M) |

КРОК 3. ТЕОРЕМА ПУАНСО

(Зводимо всі снігові, вітрові та кранові навантаження до розрахункових центрів)

|

КРОК 4. АНАЛІТИЧНА СТАТИКА

($\sum X = 0$; $\sum Y = 0$; $\sum M = 0$ -> АБСОЛЮТНА РІВНОВАГА)

3. ПРАКТИКУМ: ЯК ВІДПОВІДАТИ НА КЕЙСОВІ ПИТАННЯ (Завдання 3 на екзамені)

• **Типовий екзаменаційний кейс за Блоком 5.1:** «Ви керуєте монтажем зварної ферми прольотом 12 метрів на об'єкті ТОВ "Аксор індастрі". Ваш підрядник пропонує для здешевлення та пришвидшення робіт замінити шарнірно-рухому опору (каток) на правому кінці ферми на глухе (жорстке) зварне кріплення до колони, мотивуючи це тим, що "так буде міцніше". Спираючись на закони статичної та розуміння в'язей, обґрунтуйте, чому ви зобов'язані відхилити цю пропозицію?»

Алгоритм правильної відповіді (для отримання 9-10 балів за Т.А.П.В.):

1. Теза (Ідентифікація дилеми): "Пропозиція підрядника є технічно неписьменною і небезпечною. Вона порушує принципи статичної конструкцій, перетворюючи статично визначувану систему на статично невизначувану."

2. Аргумент (Фізико-математичний аналіз): "Шарнірно-рухома опора (каток) забезпечує один ступінь свободи — можливість горизонтального переміщення, компенсуючи температурні розширення металу та пружні деформації прогону. Її реакція завжди спрямована лише по нормалі. Якщо ми замінимо її на жорстке кріплення, ми додамо зайві в'язі. При нагріванні ферми сонцем або деформації під навантаженням ферма почне 'розпирати' колони, генеруючи колосальні внутрішні поздовжні сили, не передбачені розрахунком."

3. Рішення (Дія інженера-технократа): "Як відповідальний фахівець, я категорично відхиляю зміну проєкту. Я демонструю підряднику розрахункову схему, показуючи, що економія на опорі призведе до появи неконтрольованих розпирних зусиль, які можуть зруйнувати зварні вузли або повалити самі колони."

4. Висновок: "Отже, розуміння природи в'язей та їхніх реакцій дозволяє мені прийняти єдине правильне інженерне рішення, яке гарантує надійність конструкції та безпеку експлуатації об'єкта."

4. ЧЕК-ЛИСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ПІД ЧАС АУДИТОРНОЇ ПІДГОТОВКИ

Перевірте себе перед екзаменом. Якщо ви можете впевнено, своїми словами продовжити ці речення, ви готові до складання першого модуля:

- *"Коли я малюю розрахункову схему консольної балки, я замінюю жорстке защемлення на три реакції (дві сили і момент), тому що..."* (Очікувана відповідь: жорстке защемлення відбирає у тіла всі три ступені свободи в площині: рух по X , рух по Y та можливість повороту).
- *"Щоб перевірити правильність знайдених реакцій опор після розв'язання системи рівнянь, я обов'язково повинен..."* (Очікувана відповідь: скласти додаткове рівняння моментів відносно

будь-якої іншої точки балки, яка не використовувалася раніше. Якщо сума дорівнює нулю — розрахунок вірний).

- *"Леми про нульові стрижні у фермі дозволяють мені..."* (Очікувана відповідь: швидко спростити розрахункову схему, відкинувши ненавантажені елементи ще до складання алгебраїчних рівнянь, розуміючи логіку передачі зусиль від вузла до вузла).

БЛОК 5.2. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ЗНАНЬ ЗІ ЗМІСТОВОГО МОДУЛЯ 2

Тема: Кінематика точки та твердого тіла. Геометрія механічного руху. Плоскопаралельний рух, аналіз траєкторій, швидкостей та прискорень. Складний рух точки.

Обсяг часу: 7 годин (аудиторна/самостійна підготовка).

Мета підготовки: Навчити слухача розуміти просторову кінематику механізмів зварювального устаткування (обертачів, кантувачів, маніпуляторів). Сформувати здатність перекладати абстрактні векторні рівняння на мову точних технологічних режимів швидкості зварювання та стабільності руху без непередбачуваних відхилень.

1. ФОКУС-ТЕМА А: ПЛОСКОПАРАЛЕЛЬНИЙ РУХ ТА МЦШ

Як це розуміти та здавати на екзамені: Плоскопаралельний рух є основою для роботи багатьох зварювальних механізмів подачі та кулісних систем. Екзаменатор очікує, що ви бачите в складному русі шатуна лише комбінацію поступального руху разом із полюсом та чистого обертання навколо нього. Найшвидший спосіб розрахувати такий механізм — знайти миттєвий центр швидкостей (МЦШ).

Ключові тези для екзаменаційної відповіді:

- **Фізична суть МЦШ:** Це уявна точка (або «уявний цвях»), навколо якої в дану мілісекунду обертається вся деталь. Її швидкість дорівнює нулю. Розуміючи, де знаходиться МЦШ, ми зводимо складний рух до найпростішого обертального.
- **Інженерна проєкція (ОПП «Зварювальне виробництво»):** Синхронізація роботи подавального механізму зварювального автомата базується на передавальних відношеннях. Якщо ви не можете визначити миттєву кутову швидкість ланки через МЦШ, ви не зможете налаштувати рівномірну подачу дроту, що гарантовано призведе до браку шва.
- **Адаптаційний аспект (Trauma-Informed Approach):** Кінематика доводить, що у просторі механіки немає місця хаосу. Навіть найбільш химерна і, на перший погляд, хаотична траєкторія ланки є строго детермінованою і підкоряється математичним законам.

Розуміння того, що будь-який рух можна передбачити і контролювати, знижує рівень тривожності та формує впевненість у власних інженерних рішеннях.

2. ФОКУС-ТЕМА Б: СКЛАДНИЙ РУХ ТА ПРИСКОРЕННЯ КОРІОЛІСА

Як це розуміти та здавати на екзамені: Складний рух — це основа роботи зварювальних порталів та роботів-маніпуляторів. Найбільше помилок студенти допускають при ігноруванні прискорення Коріоліса. На іспиті ви маєте довести, що знаєте, як обертання системи впливає на рухливу деталь всередині неї.

Ключові тези для екзаменаційної відповіді:

- **Суть прискорення Коріоліса:** Воно виникає виключно тоді, коли система координат обертається (переносний рух), а точка одночасно рухається відносно неї. Коріолісове прискорення враховує те, що переносне обертання змінює напрямок відносної швидкості, а відносний рух переносить точку на нові радіуси з іншими переносними швидкостями.

- **Правило Жуковського:** Це елегантний геометричний спосіб знайти напрямок вектора Коріоліса: спроектувати вектор відносної швидкості на площину обертання і повернути на 90° за напрямком кутової швидкості.
- **Безпека конструкцій:** Некомпенсоване коріолісове прискорення породжує коріолісову силу інерції, яка діє на направляючі (рейки) стріли маніпулятора убік, викликаючи їх швидкий нерівномірний знос та вібрації. Інженер заздалегідь розраховує це і посилює напрямні вузли.

[АЛГОРИТМ: АНАЛІЗ СКЛАДНОГО РУХУ МАШИНИ]

КРОК 1. РОЗДІЛЕННЯ СИСТЕМ ВІДЛІКУ

(Визначаємо: що обертається (Переносний рух), а що їде по ньому (Відносний рух)).

|

КРОК 2. АНАЛІЗ ШВИДКОСТЕЙ

(Знаходимо $V_e = \omega \cdot R$ та V_r . Абсолютна $V_a = V_e + V_r$) |

КРОК 3. ІДЕНТИФІКАЦІЯ КОРІОЛІСА

(Чи є переносне обертання? Так. Чи є відносний рух? Так.

Кут не нуль? Так. $\rightarrow$ Розраховуємо $a_k = 2 \cdot \omega_e \cdot V_r$) |

КРОК 4. ВЕКТОРНИЙ ПІДСУМОК

($a_a = a_e + a_r + a_k \rightarrow$ Отримання повного контролю над кінематикою)

3. ПРАКТИКУМ: ЯК ВІДПОВІДАТИ НА КЕЙСОВІ ПИТАННЯ (Завдання 3 на екзамені)

Типовий екзаменаційний кейс за Блоком 5.2: «Ви — інженер-налагоджувальник на ТОВ "Інтерпайп". У цеху працює зварювальний автомат, закріплений на довгій стрілі консольного маніпулятора. Стріла постійно обертається навколо колони, а зварювальний автомат водночас рухається вздовж стріли до її краю. Оператор пропонує зняти масивні бічні підшипникові опори на каретці автомата, щоб "полегшити конструкцію", стверджуючи, що автомат їде лише вперед, і бічних навантажень там немає. Обґрунтуйте свою відповідь з точки зору кінематики складного руху».

Алгоритм правильної відповіді (для отримання 9-10 балів за Т.А.П.В.):

- **Теза (Ідентифікація дилеми):** "Пропозиція оператора базується на небезпечному нерозумінні кінематики складного руху. Він розглядає лише відносний рух і повністю ігнорує вплив переносного обертання системи."
- **Аргумент (Фізико-математичний аналіз):** "Оскільки стріла обертається (кутова швидкість $\omega_e > 0$), а каретка рухається вздовж неї (відносна швидкість $V_r > 0$), згідно з теоремою Коріоліса, обов'язково виникає коріолісове прискорення. За правилом Жуковського цей вектор спрямований перпендикулярно до стріли. Отже, виникає потужна сила інерції Коріоліса, яка буде постійно тиснути на каретку збоку, перпендикулярно до напрямних."
- **Рішення (Дія інженера-технократа):** "Як кваліфікований фахівець, я категорично забороняю демонтаж бічних опор. Бічні підшипники встановлені конструкторами саме для того, щоб компенсувати силу Коріоліса. Якщо їх зняти, каретку заклинить, або вона вирве напрямні, що призведе до зупинки всієї технологічної лінії та дороговартісного ремонту."
- **Висновок:** "Отже, глибоке розуміння законів кінематики складного руху дозволяє мені передбачити приховані навантаження, забезпечити абсолютну стабільність позиціонування зварювального апарата та уникнути позаштатних ситуацій на виробництві."

4. ЧЕК-ЛИСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ПІД ЧАС АУДИТОРНОЇ ПІДГОТОВКИ

Перевірте себе перед екзаменом. Якщо ви можете впевнено, своїми словами продовжити ці речення, ви готові до складання другого модуля:

- *"Коли я розраховую швидкість ланки механізму через миттєвий центр швидкостей (МЦШ), я повинен пам'ятати, що швидкість самої точки МЦШ в цей момент..."* (Очікувана відповідь: дорівнює нулю, що дозволяє розглядати рух усієї фігури як просте обертання навколо неї).
- *"Нормальне (доцентрове) прискорення відповідає за зміну швидкості за напрямком, тому якщо точка рухається по прямій..."* (Очікувана відповідь: її нормальне прискорення завжди дорівнює нулю, оскільки радіус кривини траєкторії дорівнює нескінченності).
- *"Прискорення Коріоліса не виникне (дорівнюватиме нулю) у механізмі, якщо..."* (Очікувана відповідь: переносний рух є лише поступальним (без обертання), або якщо відносний рух відсутній, або якщо вектор відносної швидкості паралельний осі обертання).

БЛОК 5.3. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ЗНАНЬ ЗІ ЗМІСТОВОГО МОДУЛЯ 3

Тема: Динаміка механічної системи. Кінетостатика (принцип Даламбера), теорія коливань та загальні теореми динаміки. Аналіз надійності зварного устаткування під дією вібраційних та ударних навантажень.

Обсяг часу: 7 годин (аудиторна/самостійна підготовка).

Мета підготовки: Забезпечити глибоке розуміння здобувачами того, як рух із прискоренням змінює напружений стан металоконструкцій. Навчити застосовувати енергетичні методи та принцип Даламбера для спрощення складних динамічних розрахунків, а також розпізнавати й нейтралізувати режим механічного резонансу.

1. ФОКУС-ТЕМА А: ПРИНЦИП ДАЛАМБЕРА (КІНЕТОСТАТИКА) ТА УДАР

Як це розуміти та здавати на екзамені: Якщо статика вивчала тіла у спокої, то динаміка вивчає рух під дією сил. Основна геніальність принципу Даламбера полягає в тому, що він дозволяє перетворити динаміку назад у статику. Додавши до реальних сил фіктивну "силу інерції" ($F = -ma$), ви зводите задачу до звичного складання рівнянь рівноваги. Екзаменатор очікує, що ви розумієте: сила інерції — це не зовнішня сила, це реакція самої маси на спробу змінити її швидкість.

Ключові тези для екзаменаційної відповіді:

- **Фізична суть Кінетостатики:** Якщо до всіх активних сил та реакцій в'яже, що діють на тіло, додати силу інерції, то система перебуватиме у стані умовної рівноваги.
- **Інженерна проєкція (ОПП «Зварювальне виробництво»):** При проєктуванні стріли порталного робота ви повинні враховувати не лише її статичну вагу. Коли робот різко гальмує, сила інерції "намагається" зірвати його з напрямних. Метод кінетостатики дозволяє розрахувати зварні шви каретки так, щоб вони витримали цей динамічний ривок. Теорія удару (пружного і непружного) критична при конструюванні ковальсько- пресового та кантувального обладнання.
- **Адаптаційний аспект (Trauma-Informed Approach):** У динаміці ми стикаємося з поняттями "удар", "перевантаження" та "інерція". Ці терміни деемоціоналізуються. Сила інерції — це не "ворог", який руйнує конструкцію, а передбачуваний фізичний фактор, який інженер може точно обчислити і нейтралізувати правильним вибором перерізу двотавра чи катета шва. Здатність перетворити хаос руху на статичний баланс — це потужна метафора психологічної стабілізації.

2. ФОКУС-ТЕМА Б: КОЛИВАННЯ ТА МЕХАНІЧНИЙ РЕЗОНАНС

Як це розуміти та здавати на екзамені: Резонанс — це явище, якого найбільше бояться в машинобудуванні. На іспиті ви маєте показати не просто знання формули $\omega = \omega_0$, а здатність інженера-технократа керувати цим процесом.

Ключові тези для екзаменаційної відповіді:

- **Власна частота та Демпфування:** Кожна конструкція має свою власну частоту (ω_0), яка залежить від її жорсткості (c) та маси (m). Демпфування (в'язкий опір) не скасовує резонанс, але "зрізає" його пік, не дозволяючи амплітуді зрости до нескінченності.
- **Режим розстроювання:** Найкращий спосіб уникнути резонансу від роботи електродвигунів — це "розстроїти" систему. Тобто заздалегідь (ще на етапі проектування на ТОВ "Інтерпайп") розрахувати масу рами і жорсткість віброопор так, щоб робоча частота двигуна була або набагато меншою (дорезонансна зона), або набагато більшою (закритична зона віброізоляції) за власну частоту платформи.

[АЛГОРИТМ: ВИБІР ТЕОРЕМИ ДИНАМІКИ]

? ЩО ДАНО АБО ЩО ТРЕБА ЗНАЙТИ В УМОВІ ? |

+---> Варіант А: [СИЛИ], [ШВИДКОСТІ] та [ЧАС]

| ---> Використовуємо: ТЕОРЕМА ПРО ЗМІНУ КІЛЬКОСТІ РУХУ
(Імпульс: $K_2 - K_1 = \Sigma S$)

+---> Варіант Б: [МОМЕНТИ], [КУТОВІ ШВИДКОСТІ] та [ЧАС]

| ---> Використовуємо: ТЕОРЕМА ПРО ЗМІНУ КІНЕТИЧНОГО
МОМЕНТУ
(Обертання: $L_2 - L_1 = \Sigma M \cdot t$)

+---> Варіант В: [СИЛИ], [ШВИДКОСТІ] та [ШЛЯХ / ПЕРЕМІЩЕННЯ]

---> Використовуємо: ТЕОРЕМА ПРО ЗМІНУ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ
(Робота: $T_2 - T_1 = \Sigma A$) -> Робота внутрішніх сил дорівнює нулю!

3. ПРАКТИКУМ: ЯК ВІДПОВІДАТИ НА КЕЙСОВІ ПИТАННЯ (Завдання 3 на екзамені)

- **Типовий екзаменаційний кейс за Блоком 5.3:** «Ви працюєте інженером-механіком на ПП "Висотпромсервіс". На масивній металевій рамі встановлено потужний вентиляційний агрегат. Під час запуску ротора виникає шалена вібрація, амплітуда якої загрожує відривом зварних швів кріплення. Майстер пропонує "посилити раму, приваривши ще пару швелерів, щоб вона стала жорсткішою". Ви як фахівець швидко обчислюєте, що робоча частота ротора зараз практично збігається з власною частотою рами. Обґрунтуйте свою відповідь і запропонуйте технічне рішення».

Алгоритм правильної відповіді (для отримання 9-10 балів за Т.А.П.В.):

1. **Теза (Ідентифікація дилеми):** "Майстер інтуїтивно намагається вирішити проблему, але його пропозиція небезпечна. Конструкція перебуває у стані механічного резонансу, коли частота збурюючої сили двигуна збігається з власною частотою рами ($\omega \approx \omega_0$)."
2. **Аргумент (Фізико-математичний аналіз):** "Власна частота розраховується як $\omega_0 = \sqrt{c/m}$. Якщо ми приваримо додаткові швелери, як пропонує майстер, ми різко збільшимо жорсткість (c) рами. Це призведе до зростання власної частоти ω_0 . Якщо ми і так знаходимося близько до резонансу з боку дорезонансної зони, збільшення жорсткості може призвести до того, що

ω_0 точно зрівняється з ω двигуна, і коефіцієнт динамічності μ спрямує амплітуду до нескінченності, розірвавши зварні шви."

3. **Рішення (Дія інженера-технократа):** "Моє рішення полягає у 'розстроюванні' системи для переходу в безпечну закритичну зону віброізоляції ($\omega / \omega_0 > \sqrt{2}$). Для цього потрібно не збільшувати, а навпаки — *зменшити* власну частоту ω_0 . Я пропоную зрізати жорстке кріплення і встановити двигун на пружинні віброопори (зменшити c) або додати на раму масивну бетонну плиту (збільшити масу m)."
4. **Висновок:** "Отже, розуміння природи коливань дозволяє мені не витрачати зайвий метал на непотрібне посилення, а застосувати грамотне динамічне розстроювання, що гарантує збереження зварних швів та безпечну експлуатацію агрегату."

4. ЧЕК-ЛИСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ПІД ЧАС АУДИТОРНОЇ ПІДГОТОВКИ

Перевірте себе перед екзаменом. Якщо ви можете впевнено, своїми словами продовжити ці речення, ви готові до складання третього модуля:

- *"Коли я застосовую принцип Даламбера для розрахунку натягу троса крана, який з прискоренням підіймає вантаж, я малюю вектор сили інерції..."* (Очікувана відповідь: суворо вниз, тобто протилежно до вектора прискорення, і після цього складаю рівняння статички).
- *"При розрахунку кінетичної енергії складної машини я застосовую теорему Кеніга, яка стверджує, що загальна енергія дорівнює..."* (Очікувана відповідь: сумі кінетичної енергії поступального руху її центра мас та кінетичної енергії обертального руху всієї маси навколо цього центра).
- *"Теорема Карно при абсолютно непружному ударі (наприклад, при роботі ковального преса) свідчить, що втрачена кінетична енергія переходить у..."* (Очікувана відповідь: у роботу пластичної деформації металу та теплову енергію, оскільки тіла не відновлюють свою форму після зіткнення).

БЛОК 5.4. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ЗНАНЬ ЗІ ЗМІСТОВОГО МОДУЛЯ 4

Тема: Основи опору матеріалів. Метод перерізів, напружений стан, розрахунки на міцність та жорсткість при вигині. Специфіка проектувальних та перевірочних розрахунків зварних з'єднань металоконструкцій.

Обсяг часу: 8 годин (аудиторна/самостійна підготовка).

Мета підготовки: Завершити формування інженерного світогляду. Довести до автоматизму навички побудови епюр внутрішніх зусиль, роботи з державними стандартами (ДСТУ) на металопрокат та здатність гарантувати міцність зварних швів. Підготувати здобувача до впевненого захисту своїх конструкторських рішень.

1. ФОКУС-ТЕМА А: МЕТОД ПЕРЕРІЗІВ ТА ПРИРОДА НАПРУЖЕНЬ

Як це розуміти та здавати на екзамені: Опір матеріалів вивчає те, що відбувається *всередині* металу під дією зовнішніх сил. Екзаменатор очікує, що ви вільно оперуєте методом перерізів (РОЗЗ) — єдиним інструментом "зазирнути" всередину деталі. Ви маєте чітко розрізняти нормальні напруження (які намагаються розірвати або розчавити деталь) та дотичні напруження (які намагаються її зрізати).

Ключові тези для екзаменаційної відповіді:

- **Метод РОЗЗ:** (Розрізати, Обрізати, Замінити, Зрівноважити). Це базовий алгоритм. Внутрішні сили — це міра протидії матеріалу зовнішньому руйнівному впливу.

- **Пластичність як запобіжник (Спец. 131):** Аналізуючи діаграму розтягу низьковуглецевої сталі, акцентуйте увагу на "площадці плинності" (σ_T). Пластичний матеріал не руйнується раптово; він попереджає про перевантаження великими залишковими деформаціями. Це критично важливо для безпеки експлуатації машин на ТОВ "Інтерпайп" чи ТОВ "ДАЗ".
- **Адаптаційний аспект (Trauma-Informed Approach):** У цьому модулі поняття "міцності", "пружності" та "запасу" набувають особливого звучання. Пружність — це здатність матеріалу відновити свою форму після зняття важкого навантаження (метафора резильєнтності). Ми не фокусуємося на "розриві" чи "руйнуванні". Ми фокусуємося на допустимому напруженні σ та коефіцієнті запасу s , які гарантують абсолютну безпеку. Розрахунок міцності — це створення захисного бар'єра.

2. ФОКУС-ТЕМА Б: ЗГИН БАЛОК ТА РОЗРАХУНОК ЗВАРНИХ ШВІВ

Як це розуміти та здавати на екзамені: Згин — найпоширеніший вид деформації. На іспиті ви маєте показати, що епюри Q та M — це не просто графіки, а "рентгенівський знімок" балки. А розрахунок кутових зварних швів на зріз — це ваша пряма професійна відповідальність як фахівця зі зварювального виробництва.

Ключові тези для екзаменаційної відповіді:

- **Диференціальні залежності Журавського:** ($dQ/dz = q$; $dM/dz = Q$). Це ваш головний інструмент самоконтролю. Якщо ви бачите, що епюра Q перетинає нуль, ви зобов'язані показати екстремум на епюрі M . Екзаменатори завжди перевіряють, чи знає студент ці математичні зв'язки.
- **Раціональні профілі:** Чому ми використовуємо двотаври та швелери? Тому що при вигині максимальні напруження виникають у крайніх волокнах (формула Нав'є: $\sigma = M_x / W_x$). Основна маса металу має бути винесена якнайдалі від нейтральної осі.
- **Розрахунок кутових швів:** Кутові (флангові та лобові) шви руйнуються *виключно від зрізу* (зсуву). Найслабше місце — бісекторна площа прямого кута шва (товщина $0.7k$). Тому розрахунок завжди ведеться за формулою дотичних напружень $\tau = F / (\eta \cdot k \cdot l_w) \leq [\tau]$.

[АЛГОРИТМ: ПРОЄКТУВАЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ПРИ ВИГИНІ]

КРОК 1. СТАТИКА ТА МЕТОД ПЕРЕРІЗІВ

(Знайти опорні реакції -> Скласти рівняння $Q(z)$ та $M(z)$) |

КРОК 2. ПОБУДОВА ЕПЮР ТА КОНТРОЛЬ

(Побудувати епюри -> Перевірити за залежностями Журавського -> Визначити M_{max}) |

КРОК 3. УМОВА МІЦНОСТІ

(Застосувати формулу: $W_x_{необх} \geq M_{max} / [\sigma]$) |

КРОК 4. РОБОТА З ДСТУ (ПІДБІР ПРОФІЛЮ)

(Відкрити таблиці ГОСТ/ДСТУ -> Знайти найближчий більший W_x -> Виписати номер двотавра та перевірити безпеку)

3. ПРАКТИКУМ: ЯК ВІДПОВІДАТИ НА КЕЙСОВІ ПИТАННЯ (Завдання 3 на екзамені)

Типовий екзаменаційний кейс за Блоком 5.4: «Ви керуєте складанням несучої колони на підприємстві ПП "Висотпромсервіс". До колони потрібно приварити кронштейн (сталева

пластина товщиною 10 мм), який буде нести тягове навантаження $F = 150$ кН. Монтажник пропонує: "Давай зробимо катет шва $k = 5$ мм замість 10 мм, швидше зваримо, і метал зекономимо. Шов довгий, витримає". Використовуючи знання опору матеріалів та нормативні документи, обґрунтуйте свої дії та виконайте розрахунок».

Алгоритм правильної відповіді (для отримання 9-10 балів за Т.А.П.В.):

- **Теза (Ідентифікація дилеми):** "Пропозиція монтажника є грубим порушенням технології проєктування зварних з'єднань. Безпідставне зменшення катета кутового шва (k) прямо пропорційно зменшує площу зрізу і критично підвищує дотичні напруження, що веде до руйнування."
- **Аргумент (Фізико-математичний аналіз):** "Згідно з нормами, розрахунок кутового шва на зріз по бісекторній площині виконується за умовою: $\sigma_{\perp} = F / (2 \cdot \eta \cdot k \cdot l_w) \leq [\sigma]$. Розрахункова площа зрізу прямо залежить від катета k . Якщо ми зменшимо k вдвічі, напруження зрізу зростуть удвічі. Крім того, існує конструктивне обмеження на максимальну робочу довжину флангового шва ($l_w \leq 60k$). При катеті 5 мм шов не зможе ефективно передавати зусилля на довжині понад 300 мм через сильну нерівномірність напружень на кінцях."
- **Рішення (Дія інженера-технократа):** "Я кваліфікований фахівець, я категорично забороняю зменшувати катет шва. Я виконую проєктувальний розрахунок: приймаю катет $k = 10$ мм (дорівнює товщині пластины), коефіцієнт проплавлення $\eta = 0.7$ та допустиме напруження $[\sigma] = 150$ МПа. Знаходжу необхідну довжину шва: $l_w = 150000 / (2 \cdot 0.7 \cdot 10 \cdot 150) \approx 71.4$ мм. Конструктивна довжина з урахуванням кратерів складе $l = 85$ мм."
- **Висновок:** "Отже, спираючись на розрахунки міцності, я не дозволяю кустарної 'економії', забезпечую технологічну надійність кронштейна і гарантую безпечну експлуатацію всього вузла."

4.ЧЕК-ЛИСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ПІД ЧАС АУДИТОРНОЇ ПІДГОТОВКИ

Перевірте себе перед екзаменом. Якщо ви можете впевнено, своїми словами продовжити ці речення, ви готові до складання четвертого, найважливішого модуля:

- "Коли я будую епюру згинальних моментів і бачу, що епюра поперечної сили перетнула нульову вісь, я повинен..." (Очікувана відповідь: знайти координату цієї точки і розрахувати в ній екстремальне (максимальне) значення згинального моменту, оскільки це місце є потенційно небезпечним перерізом).
- "Умова міцності при прямому поперечному вигині вимагає, щоб максимальне нормальне напруження..." (Очікувана відповідь: $\sigma_{\max} = M_{\max} / W_x$, не перевищувало допустимого напруження $[\sigma]$ для даного матеріалу. На основі цього я підбираю раціональний профіль).
- "При розрахунку кутових зварних швів надійність з'єднання перевіряється на дію..." (Очікувана відповідь: дотичних напружень ($\sigma_{\perp}$) на зріз по бісекторній площині шва, при цьому обов'язково враховується коефіцієнт проплавлення η).

БЛОК 5.5. ПРАКТИЧНИЙ ІСПИТОВИЙ ТРЕНІНГ

Тема: Моделювання розв'язання екзаменаційних професійно-етичних дилем та кейсів (алгоритм аналізу конфлікту між економічною доцільністю здешевлення виробництва та безумовною надійністю/безпекою машинобудівних об'єктів). Фактчекінг технічної інформації.

Обсяг часу: 6 годин (аудиторна/самостійна підготовка).

Мета підготовки: Довести до автоматизму навички розв'язання найскладнішого Питання №3 екзаменаційного білета. Навчити слухача захищати свою професійну позицію, спираючись на логіку, інженерні стандарти та етику відповідальності. Тренінг спрямований на подолання страху перед екзаменаційною комісією та формування лідерських якостей.

1. ФОКУС-ТЕМА А: АЛГОРИТМ ВИРІШЕННЯ ДИЛЕМИ «ЕКОНОМІЯ ПРОТИ БЕЗПЕКИ»

Як це розуміти та здавати на екзамені: Левова частка екзаменаційних кейсів базується на класичному конфлікті машинобудування. Бізнес (керівництво, економісти) завжди прагне знизити собівартість деталі: купити дешевшу сталь, пришвидшити обробку, зняти захисні бар'єри. Інженер (ви) завжди прагне до ідеальної надійності. Якщо на екзамені ви погоджуєтесь на небезпечне здешевлення — ви провалюєте кейс. Ваш обов'язок — знайти баланс, де економія не перетинає червону лінію безпеки життя.

Ключові тези для екзаменаційної відповіді:

- **Правило "Червоної лінії":** Здешевлення можливе лише за рахунок інновацій (оптимізація 3D-моделі, зменшення припусків, автоматизація), але НІКОЛИ за рахунок зниження марки сплаву нижче ДСТУ або ігнорування термообробки.
- **Економіка катастрофи:** Як аргументувати свою відмову керівництву? Поясніть, що зекономлені сьогодні 10 тисяч гривень на дешевих підшипниках призведуть до аварії лінії на мільйон гривень завтра, плюс кримінальна відповідальність за травми робітників.
- **Етичний обов'язок перед колегами:** Для слухачів-ветеранів, які мають загострене почуття цінності людського життя, компроміси з безпекою є неприпустимими. Інженер виступає гарантом того, що цех є безпечною зоною.

[ТЕРЕЗИ ІНЖЕНЕРНОГО РІШЕННЯ НА ЕКЗАМЕНІ]

[ВАЖІЛЬ "БІЗНЕС"]

Вимога: Зменшити вартість на 20%.

Аргумент: Конкуренція, терміни.

VS

[ВАЖІЛЬ "ІНЖЕНЕР"]

Вимога: Зберегти коефіцієнт запасу міцності.

Аргумент: Життя людей, репутація.

[РІШЕННЯ]

(Точка технократичного компромісу)

"Я відмовляюся ставити дешевий чавун замість легованої сталі (це злочин). АЛЕ я пропоную переробити креслення вузла (генеративний дизайн), зменшивши його масу на 15% без втрати міцності. Ми економимо метал законно." [cite: 16]

2. ФОКУС-ТЕМА Б: ФАКТЧЕКІНГ У МАШИНОБУДУВАННІ ТА ПРОТИДІЯ ІПСО

Як це розуміти та здавати на екзамені: Фактчекінг — це перевірка достовірності. На іспиті комісія може запропонувати вам проаналізувати "вкид" або чутку на виробництві. Ви маєте продемонструвати "Систему 2" (повільне, аналітичне мислення) та показати, як ви заспокоїте колектив.

Ключові тези для екзаменаційної відповіді:

- **Аналіз джерела:** Будь-яка технічна інформація (наприклад, "цей верстат б'є струмом" або "нам привезли радіоактивний метал") має перевірятися інструментально: дозиметром, мультиметром, технічним паспортом.
- **Управління панікою:** Маніпуляції часто спрямовані на зрив виробничого процесу. Фаховий молодший бакалавр, як лідер, зупиняє розповсюдження неперевіреної інформації в бригаді. Замість емоційного обговорення чуток, він ініціює офіційну дефектацію або скликає комісію з охорони праці. Це повертає психологічний контроль і створює атмосферу безпеки, що критично важливо для людей з ПТСР або бойовим досвідом.

3. ПРАКТИКУМ: МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО КЕЙСА (Завдання 3)

Типовий екзаменаційний кейс (Тренувальний полігон): «Ви — провідний конструктор на ПП "Висотпромсервіс". Підприємство виготовляє силові каркаси для підйомних механізмів, які будуть встановлені, зокрема, у реабілітаційних центрах для ветеранів. Замовник вимагає знизити вартість проєкту на 25%. Ваш керівник викликає вас і каже: "Давай замінимо сталь 40X на звичайну Ст3, а товщину стінок зменшимо з 10 мм до 7 мм. Ніхто не помітить, а тендер ми виграємо. Роби нові креслення". Ваші дії? Побудуйте відповідь за алгоритмом Т.А.П.В.».

Еталонна відповідь на 10 балів (Завчіть цей алгоритм логіки):

- **Теза (Ідентифікація дилеми):** "У даному кейсі наявний прямий конфлікт між економічною доцільністю (бажанням виграти тендер) та інженерною етикою (безпекою об'єкта). Керівник підбурює мене до посадового злочину та порушення Принципу відповідальності Г. Йонаса."
- **Аргумент (Філософсько-технічний аналіз):** "Заміна легованої сталі 40X на конструкційну Ст3 зі зменшенням товщини стінки на 30% катастрофічно знижує межу витривалості каркаса. У динаміці (при підйомі вантажів або людей) це гарантовано призведе до втомного руйнування металу. Крім того, ці механізми будуть використовуватися ветеранами, які вже отримали травми на фронті. Ризикувати їхнім життям заради корпоративної економії — це найвищий ступінь моральної деградації та антигуманізму."
- **Приклад (Дія інженера / Рішення):** "Моя дія як фахового молодшого бакалавра: я категорично відмовляюся ставити свій підпис під такими змінами у кресленні (право на whistleblowing — викриття). Я спокійно і раціонально пояснюю керівнику: якщо каркас рухне, підприємство не лише втратить ліцензію, а й керівництво понесе кримінальну відповідальність. Як конструктивну альтернативу я пропоную зробити топологічну оптимізацію каркаса у CAD-системі: ми залишимо сталь 40X у критичних вузлах навантаження, але виріжемо 'вікна' в ненавантажених зонах. Це зменшить масу конструкції (і її ціну) на 15% абсолютно законним шляхом."
- **Висновок:** "Таким чином, я вирішую дилему не через емоційний конфлікт, а через технократичну компетентність. Я захищаю життя людей, репутацію ПП 'Висотпромсервіс' і свою професійну гідність."

4. ЧЕК-ЛИСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ: ЯК ПОВОДИТИСЯ ПЕРЕД КОМІСІЄЮ

Під час іспиту комісія оцінює не лише ваші слова, але й вашу психологічну впевненість (вашу автаркію). Перевірте себе за цими правилами:

- 1. Правило паузи:** Витягнувши білет, не починайте говорити одразу. Візьміть 3-5 хвилин на побудову структури відповіді на чернетці. (Запишіть: Теза -> Аргумент -> Рішення).
- 2. Фокус на спеціальності:** На будь-яке загальне філософське питання відповідайте через призму спеціальності 133 (чи 131). Якщо питають про істину, говоріть про допуски і посадки. Якщо питають про етику, говоріть про надійність металу та безпеку бригади.
- 3. Заборона на слова-паразити:** Уникайте фраз "Я не знаю", "Напевно", "Мені здається". Використовуйте термінологію впевненого фахівця: "Я аналізую", "Інженерна етика вимагає", "Згідно зі стандартами та логікою".
- 4. Ставлення до додаткових питань:** Якщо екзаменатор ставить додаткове питання або штучно заганняє вас у глухий кут ("А якщо вас звільнять за вашу принциповість?") — це перевірка на стресостійкість. Відповідайте як стоїк: "Звільнення — це тимчасова кар'єрна перешкода, яка лежить поза моїм абсолютним контролем. А от відповідальність за спроектовану мною машину, яка може вбити людину, — це моя пряма зона контролю. Я обираю зберегти чисте сумління та диплом".

Цей тренінговий блок є фінальним акордом вашої підготовки. Ви йдете на екзамен не як учні, а як молоді колеги екзаменаторів — фахівці-машинобудівники, готові взяти на себе відповідальність за відбудову індустріальної потужності України.