

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

Гордієнко Андрій Стрілець

«28» Серпня 2026

ПОГОДЖЕНО

Заступник директора

ЗПО «ДПТК»

Гордієнко

РІЗНОРІВНЕВІ ЗАВДАННЯ

Дисципліна: Історія та культура України

Цільова аудиторія: Галузь знань 13 Механічна інженерія;

спеціальність 131 Прикладна механіка

(ОПП «Зварювальне виробництво»)

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ВІТОКИ ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ (25 питань)

Блок 1.1: Вибір однієї правильної відповіді (Single Choice)

У питаннях 1-15 оберіть одну правильну відповідь.

1. Під час зведення монументальних античних храмів в Ольвії та Пантікапеї будівельники стикнулися з необхідністю піднімати багатотонні мармурові блоки. Який інженерний принцип лежав в основі використання найпростішої похилої площини (земляного пандуса)? А) Зменшення маси самого кам'яного блоку за рахунок тертя об землю. Б) Штучне зменшення тягового зусилля, необхідного для підняття вантажу, яке компенсувалося пропорційним збільшенням пройденого шляху (емпіричне застосування закону збереження роботи). В) Збільшення швидкості переміщення блоку порівняно з вертикальним підйомом. Г) Повне усунення сили тяжіння, що діє на об'єкт будівництва.

Відповідь: Б

2. Античні інженери Північного Причорномор'я застосовували підйомні крани-пентаспастоси, які приводилися в рух гігантським ступальним колесом. Яка біомеханічна перевага цього колеса порівняно зі звичайним ручним коловоротом? А) Колесо дозволяло робітникам сидіти під час роботи. Б) Ступальне колесо оберталося самостійно завдяки енергії вітру. В) Робітники крокували всередині колеса, і їхня власна вага, постійно зміщена відносно осі обертання, створювала потужний і безперервний крутний момент, що діяв як гігантський важіль. Г) Ступальне колесо повністю усувало тертя в підшипникових вузлах крана. Відповідь: В

3. Згідно з емпіричним «золотим правилом механіки», відкритим ще в античності, використання системи блоків (поліспасти) для підйому вантажу означає, що: А) Виграш у силі дорівнює програшу у відстані (каната доводиться витягувати пропорційно більше). Б) Можна одночасно виграти і в силі, і у швидкості підйому. В) Маса вантажу зменшується пропорційно кількості шківів. Г) Поліспаст генерує власну енергію з повітря. Відповідь: А

4. В епоху ранніх слов'ян відбулася перша глобальна енергетична революція — перехід до використання тяглових тварин. Чому жорстке шийне ярмо було ефективним для волів, але виявилось абсолютно непридатним для коней? А) Коні відмовлялися рухатися у дерев'яній упряжі через свій темперамент. Б) Анатомія коня відрізняється; при збільшенні навантаження шийне ярмо перетискало йому дихальні шляхи (трахею), зводячи ефективність тяги до критичного мінімуму. В) Ярмо було занадто важким для кінської шиї, але легким для вола. Г) Коні не здатні генерувати тягове зусилля на низьких швидкостях. Відповідь: Б

5. Винахід хомута (плечової упряжі) кардинально змінив транспортну логістику доіндустріальної доби. Який головний біомеханічний наслідок цього інженерного рішення? А) Вектор сили тяги змістився з вразливої шиї на найміцніші м'язи грудей та лопаток, що звільнило дихання тварини і дозволило використовувати її швидкість і кінетичну енергію. Б) Хомут дозволив запрягати в один віз хижих тварин. В) Хомут виконував функцію

амортизатора під час зіткнень. Г) Хомут змінив центр ваги самого транспортного засобу.

Відповідь: А

6. Ранні слов'яни використовували сани-волокуші навіть улітку для подолання болотистих місцевостей. Завдяки якому фізичному принципу цей транспорт без коліс долав бездоріжжя краще за перші вози? А) Сани мали аеродинамічну форму, що зменшувала опір вітру. Б) Волокуші працювали на терті ковзання, маючи велику площу контакту з поверхнею, що радикально знижувало питомий тиск на м'який ґрунт і не давало їм загрузнути. В) Сани виготовлялися з дерева, яке відштовхувало воду. Г) Волокуші використовували енергію магнітного поля землі. **Відповідь: Б**

7. Еволюція ґрунтообробних знарядь від дерев'яного рала до важкого колісного плуга стала тріумфом просторової кінематики. Яку складну механічну роботу виконує відвал плуга порівняно з ралом? А) Відвал просто розсовує ґрунт у горизонтальній площині (двовимірна деформація). Б) Відвал має складну гвинтову (лекальну) поверхню, яка не лише підрізає пласт, але й закручує та перевертає його у просторі, забезпечуючи інтенсивне землеробство. В) Відвал працює як ударний механізм, розбиваючи каміння в ґрунті. Г) Відвал створює вібрацію для відлякування шкідників. **Відповідь: Б**

8. У ремісничих майстернях Київської Русі відбувся перехід від ручного до ножного гончарного кола. Яке фізичне явище було інтуїтивно застосоване майстрами при створенні масивного нижнього дерев'яного диска? А) Явище електромагнітної індукції. Б) Явище інерції та акумуляції енергії: важкий диск працював як маховик, що накопичував енергію від поштовхів ніг і забезпечував тривале, стабільне обертання, долаючи опір глини. В) Ефект аеродинамічного підйомного зусилля. Г) Термічне розширення деревини. **Відповідь: Б**

9. Для подолання руйнівного тертя у важких вертикальних валах (наприклад, у гончарних колах) інженери Київської Русі винайшли перші опорні підшипники ковзання (п'ятники). Якою була їхня класична матеріалознавча структура? А) Сталеві кульки, що перекочуються між двома залізними кільцями. Б) Вертикальна дерев'яна вісь спиралася на гладко відшліфований камінь (кварцит) із лункою, куди закладали тваринний жир як мастило. В) Дерев'яна вісь оберталася у воді без жодних додаткових матеріалів. Г) Мідний вал терся об свинцеву пластину. **Відповідь: Б**

10. Перші метало- та деревообробні верстати Середньовіччя приводилися в рух за допомогою лучкового приводу. Яка головна кінематична проблема була притаманна цій трансмісії? А) Вона створювала занадто високу температуру в зоні різання. Б) Вона не могла змінити напрямок обертання. В) Лучковий привід генерував переривчастий (зворотно-обертний) рух, через що різання було можливим лише в одному напрямку, а при зворотному ході різець доводилося відводити. Г) Привід вимагав використання енергії падаючої води. **Відповідь: В**

11. Доіндустріальна військова механіка (катапульти, балісти) використовувала торсіонний принцип накопичення енергії. Що було фізичним джерелом енергії у цих машинах? А) Потенційна енергія масивності піднятого вгору каменю. Б) Хімічна енергія згоряння чорного пороху. В) Потенційна енергія пружної деформації (скручування) туго натягнутих пучків тваринних жил або волоса. Г) Енергія стисненого повітря у шкіряних міхах. **Відповідь: В**

12. Чому середньовічні інженери були змушені відмовитися від торсіонних машин на користь гравітаційних требюше (фрондибол) для руйнування міцних мурів? А) Торсіонні жили були надзвичайно гігроскопічними; у вологу погоду вони розбухали і катастрофічно втрачали пружність, тоді як сила тяжіння (гравітація) залишалася незмінною константою. Б) Требюше були легшими у транспортуванні. В) Торсіонні машини були заборонені міжнародними договорами того часу. Г) У Європі зникли тварини, з чиїх жил робили канати. **Відповідь: А**

13. У гравітаційних металевих машинах (требюше) використовувалася праща на кінці довгого металевого важеля. Яку функцію виконувала праща з точки зору кінематики? А) Вона слугувала виключно для зручного завантаження снаряда. Б) Праща діяла як додатковий гнучкий шарнір (мультиплікатор швидкості): завдяки відцентровій силі вона значно збільшувала радіус розмаху в останню мить, надаючи снаряду гігантської лінійної

швидкості. В) Вона працювала як амортизатор для зменшення віддачі на станину. Г) Вона генерувала звук для залякування ворога. **Відповідь: Б**

14. Динамічний удар важеля катапульты (онагра) об дерев'яний стопор був настільки сильним, що міг зруйнувати саму машину. Як стародавні механіки розв'язували цю проблему опору матеріалів? А) Вони виливали стопорну балку з чистого свинцю. Б) Вони оббивали стопор товстими шарами вовни, повсті та шкіри, створюючи перші композитні амортизатори (демпфери), що поглинали пікову кінетичну енергію та пом'якшували вібрацію. В) Вони змащували стопор дьогтем. Г) Вони відмовилися від стопорів, дозволивши важелю обертатися на 360 градусів. **Відповідь: Б**

15. Розвиток важкої метальної артилерії змусив інженерів-фортифікаторів змінити архітектуру міських мурів. Яке геометричне рішення дозволило стінам витримувати кінетичні удари масивних ядер? А) Зведення ідеально вертикальних стін зі скла. Б) Побудова нижньої частини муру у вигляді похилого укосу (талюса), що змушував снаряди рикошетити вгору, відхиляючи вектор їхньої енергії, та застосування земляного ядра-амортизатора всередині кам'яної кладки. В) Зменшення товщини стін для економії матеріалів. Г) Повне перенесення міст під землю. **Відповідь: Б**

Блок 1.2: Множинний вибір (Multiple Choice)

У питаннях 16-20 оберіть усі правильні варіанти відповідей.

16. Які інженерні переваги надавало використання поліспавної системи (системи блоків) в античних підйомних кранах порівняно з прямим підйомом на одній мотузці? (Оберіть декілька) А) Багаторазове зменшення тягового зусилля, необхідного від робітників. Б) Рівномірний розподіл загальної ваги вантажу між кількома паралельними гілками каната. В) Абсолютне прискорення часу підняття вантажу. Г) Захист природних канатів від раптового розриву завдяки зниженню сили натягу в кожному окремому сегменті. **Відповідь: А, Б, Г**

17. Винахід колісного воза був би неможливим без глибокого розуміння природи тертя та опору матеріалів. Які з наведених тверджень описують інженерну логіку стародавніх стельмахів? (Оберіть декілька) А) Перехід від масивного дискового колеса до колеса зі спицями радикально зменшив масу (інерцію) конструкції. Б) Пружні спиці (з ясеня або в'яза) виконували роль амортизаторів, поглинаючи динамічні удари від вибоїн на дорозі. В) Колеса виготовлялися виключно з м'яких порід дерева для забезпечення комфорту пасажирів. Г) Застосування колеса дозволило локалізувати тертя ковзання лише у невеликій зоні контакту між віссю та маточиною. **Відповідь: А, Б, Г**

18. Для обробки тіл обертання у Київській Русі використовували перші токарні верстати. Які конструктивні елементи забезпечували точність механічної обробки в цих пристроях? (Оберіть декілька) А) Жорстка станина та центрові бабки, між якими фіксувалася заготовка, що позбавляло її коливань. Б) Підручник — нерухома опора, яка дозволяла майстру стабільно утримувати різець і точно дозувати зусилля під час різання. В) Автоматична система охолодження різця водою під тиском. Г) Лазерні вказівники осі обертання. **Відповідь: А, Б**

19. Згідно з Trauma-Informed підходом, облогові машини (требюше) слід розглядати не як знаряддя руйнування, а як складні системи управління енергією. Які фізичні явища використовувалися в кінематиці требюше? (Оберіть декілька) А) Накопичення потенційної енергії маси гравітаційної противаги. Б) Термоядерний синтез всередині станини. В) Перетворення потенційної енергії на кінетичну енергію руху довгого метального важеля. Г) Використання відцентрової сили в механізмі праці для збільшення лінійної швидкості снаряда. **Відповідь: А, В, Г**

20. Чому розвиток прикладної механіки та створення перших складних механізмів (від підйомних кранів до плугів) вважається фундаментом розбудови міст і цивілізації? (Оберіть декілька) А) Механізація аграрної праці (відвальний плуг, упряж) створила стабільний надлишок продовольства, вивільнивши людські ресурси для ремесел. Б) Використання вантажопідйомних машин дозволило зводити монументальну архітектуру (собори, акведуки), оптимізувавши енерговитрати. В) Механізми дозволили повністю відмовитися від видобутку металу. Г) Розвиток транспортної логістики стимулював глобальну торгівлю, що забезпечило економічну незалежність полісів і міст. **Відповідь: А, Б, Г**

Блок 1.3: Встановлення відповідності (Matching)

У питаннях 21-23 встановіть логічні пари.

21. Встановіть відповідність між типом доіндустріального механізму та первинним джерелом енергії, що забезпечувало його роботу:

1. Античний кран-пентаспастос зі ступальним колесом.
2. Гравітаційний требюше (фрондибола).
3. Торсіонна баліста. *Варіанти:* А) Потенційна енергія пружної деформації (туго скручені пучки тваринних жил). Б) Кінетична та потенційна енергія води у гірській річці. В) Потенційна енергія масивності піднятого у просторі вантажу (ящика з камінням). Г) Вага людських тіл, що постійно переміщуються всередині барабана, генеруючи крутний момент. **Відповідь:** 1-Г, 2-В, 3-А

22. Встановіть відповідність між інженерною проблемою доіндустріальної доби та її історичним кінематичним або трибологічним вирішенням:

1. Крихке руйнування дерев'яної рами катапульти від динамічної віддачі важеля.
2. Переривчастий рух та швидка зупинка ручного гончарного кола через опір в'язкої глини.
3. Спалахування або миттєве стирання дерев'яної осі важкого вертикального механізму. *Варіанти:* А) Впровадження масивного нижнього диска (маховика) для акумуляції кінетичної енергії та використання сили інерції. Б) Створення підшипникового вузла з відшліфованого каменю та постійне закладання тваринного мастила (перехід до граничного тертя). В) Використання композитних демпферів (прошарків із повсті, шкіри та вовни) на стопорній балці для поглинання пікової енергії. **Відповідь:** 1-В, 2-А, 3-Б

23. Встановіть відповідність між типом сільськогосподарського знаряддя або упряжі та характером його кінематичної взаємодії з середовищем:

1. Жорстке шийне ярмо.
2. Плечовий хомут.
3. Важкий відвальний плуг. *Варіанти:* А) Забезпечує зміщення вектора тяги на лопатки тварини, звільняючи дихання і дозволяючи генерувати максимальну швидкість (кінетичну тягу). Б) Здійснює складну просторову (3D) деформацію ґрунту: підрізає, плавно закручує гвинтовою поверхнею і перевертає пласт землі на 180 градусів. В) Генерує високий статичний крутний момент на вкрай низьких швидкостях, опираючись на анатомію масивної шиї великої рогатої худоби. **Відповідь:** 1-В, 2-А, 3-Б

Блок 1.4: Встановлення послідовності (Sequence)

У питаннях 24-25 встановіть правильну послідовність.

24. Встановіть інженерно-еволюційну послідовність ускладнення систем подолання гравітації (від найпростішої до технічно найдосконалішої конструкції античності):

1. Створення стаціонарних поліспастих кранів із гігантськими ступальними колесами для оптимізації крутного моменту.
2. Екстенсивне використання мускульної сили без механізмів (прямий підйом).
3. Впровадження системи рухомих та нерухомих шківів (поліспастих) для розподілу маси вантажу між гілками каната.
4. Побудова похилих земляних площин (пандусів) та використання котків (перехід до тертя кочення). **Відповідь:** 2 -> 4 -> 3 -> 1

25. Встановіть кінематичну послідовність перетворення енергії під час робочого циклу середньовічного гравітаційного требюше (від початку заряджання до польоту снаряда):

1. Відцентрова сила змушує кільце праці зісковзнути з геометрично розрахованого гака.
2. Розблокування стопора: важка протизава падає, стрімко підкидаючи довгий металевий важіль вгору.
3. Накопичення потенційної енергії: масивна протизава піднімається високо над землею за допомогою поліспастих і коловоротів.
4. Вільний політ снаряда по параболічній балістичній траєкторії з високою лінійною швидкістю.
5. Розкручування гнучкої праці, що діє як кінематичний мультиплікатор, різко збільшуючи радіус розмаху і швидкість снаряда. **Відповідь:** 3 -> 2 -> 5 -> 1 -> 4

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. МЕХАНІКА РАННЬОМОДЕРНОЇ ДОБИ (25 питань)

Блок 2.1: Вибір однієї правильної відповіді (Single Choice)

У питаннях 26-40 оберіть одну правильну відповідь.

26. Перехід від використання нижньобійних до верхньобійних водяних коліс у млинарстві та мануфактурному виробництві став революційним кроком в інженерії. Яка фундаментальна зміна у використанні енергії середовища відбулася при цьому переході?

А) Відмова від енергії води на користь енергії вітру та мускульної сили робітників. Б) Перехід від малоефективного використання виключно кінетичної енергії вільного потоку (швидкості течії) до акумуляції та використання колосальної потенційної енергії маси води, яка падала на ковші з висоти штучно створеної греблі (напору). В) Застосування термодинамічних процесів нагрівання води для отримання пари. Г) Використання відцентрової сили для підняття води на верхні яруси млина. **Відповідь: Б**

27. У степових регіонах України, де гідроресурси були обмежені, головним джерелом промислової енергії стали вітряки. Яку кінематичну та аеродинамічну перевагу мав шатровий вітряк порівняно зі старішим стовповим вітряком? А) Шатровий вітряк взагалі не потребував наведення на вітер, оскільки його крила розташовувалися горизонтально. Б) У шатровому вітряку масивна будівля млина залишалася нерухомою, а на вітер поверталася лише легка верхня «шапка» з головним валом; це дозволило будувати значно вищі вежі, встановлювати довші крила для вловлювання сильніших повітряних потоків та приводити в дію кілька пар жорен одночасно. В) Стовповий вітряк міг обертатися на 360 градусів автоматично, тоді як шатровий стояв нерухомо. Г) Шатровий вітряк працював виключно на енергії висхідних теплових потоків повітря. **Відповідь: Б**

28. Оскільки вітер чи вода обертали головний вал млина дуже повільно, для якісного помелу зерна інженерам доводилося застосовувати дерев'яні трансмісії. Яку кінематичну функцію виконувала традиційна цівкова передача (зчеплення великого палечного колеса з малою цівковою шестірнею)? А) Вона працювала як гальмівна система для повної зупинки млина під час шторму. Б) Вона діяла як понижувальний редуктор, збільшуючи тягове зусилля за рахунок зниження швидкості. В) Вона діяла як підвищувальний редуктор (мультиплікатор), перетворюючи повільне обертання головного вала на високошвидкісне обертання жорна (за один оберт вала жорно робило кілька обертів), незважаючи на пропорційну втрату крутного моменту. Г) Вона перетворювала обертальний рух на лінійний зворотно-поступальний. **Відповідь: В**

29. Стародавні мірошники і стельмахи досконало володіли емпіричним матеріалознавством. Чому використання надзвичайно міцного дуба для виготовлення тертьових деталей трансмісії (пальців та цівок) вважалося фатальною інженерною помилкою? А) Дуб був занадто легким і не створював необхідного моменту інерції. Б) Деревина дуба має пористу структуру з високим вмістом дубильних речовин, що створює величезний коефіцієнт тертя ковзання; дубові зубці швидко б згоріли або перетерлися, тому майстри використовували граб чи яблуню, чий природні смоли діяли як сухе тверде мастило, поліруючи поверхні. В) Дуб надмірно розширювався при зниженні температури, заклинюючи передачу. Г) З дуба неможливо було виточити деталі круглої форми. **Відповідь: Б**

30. В епоху раннього модерну у вільних містах з Магдебурзьким правом зароджуються перші прототипи систем управління якістю (QMS). Яку інженерно-правову функцію виконувало особисте тавро (клеймо) майстра-зброяра, вибите на гарматному стволі чи мушкеті? А) Це була виключно декоративна прикраса, що не несла жодного смислового навантаження. Б) Це був жорсткий інститут контролю якості: клеймо забезпечувало абсолютну ідентифікацію виробника, встановлюючи його персональну відповідальність (аж до вигнання з цеху) за приховані дефекти металу, якщо зброя розривалася від тиску порохових газів під час експлуатації. В) Клеймо вказувало лише на вартість виробу для податкової інспекції. Г) Клеймо дозволяло іншим майстрам вільно копіювати технологію без дозволу автора. **Відповідь: Б**

31. Перехід від дрібних кузень до мануфактурного виробництва (гамарень) вимагав автоматизації ковальських процесів. За допомогою якого механізму інженери

Гетьманщини перетворювали безперервний обертовий рух гідравлічного вала на потужний ударний рух хвостового молота? А) За допомогою складної системи поліспаств та канатів. Б) За допомогою маятникового регулятора Галілея. В) За допомогою кулачкового механізму: дерев'яні або залізні виступи (кулачки) на валу по чергово найжджали на важіль молота, піднімаючи його (накопичуючи потенційну енергію), після чого молот вільно падав на ковадло під дією гравітації. Г) За допомогою парового котла високого тиску. **Відповідь: В**

32. Для виплавки якісної сталі та гарматних сплавів козацькі домниці потребували надзвичайно високих температур. Яку роль відіграло водяне колесо у досягненні необхідного термодинамічного режиму? А) Вода з колеса використовувалася для постійного охолодження розпечених стінок печі. Б) Водяне колесо через кулачковий вал механізувало процес дуття, забезпечуючи поперемінне стискання величезних шкіряних міхів, що гарантувало безперервний і потужний потік кисню під високим тиском у піч. В) Обертання колеса створювало відцентрову силу, яка перемішувала рідкий метал усередині домни. Г) Воно використовувалося виключно для транспортування руди до печі. **Відповідь: Б**

33. Чому інженери-людвисари у ранньомодерних зброярнях відмовилися від старої технології відливання гарматних стволів навколо глиняного сердечника і перейшли до механізованого глибокого свердління суцільної металевої відливки? А) Глина стала дефіцитним матеріалом на території Гетьманщини. Б) Технологія лиття на сердечник формувала приховані дефекти (пори) та неминучий ексцентриситет (нерівномірну товщину стінок), що призводило до розриву ствола у тонкому місці; свердління ж суцільного металу гарантувало ідеальну циліндричність каналу і рівномірну епюру напружень. В) Свердління було швидшим і вимагало менше фізичних зусиль від робітників. Г) Водяні колеса не могли генерувати достатньо енергії для лиття. **Відповідь: Б**

34. Зародження міської точної механіки (годинникарства) кардинально відрізнялося від інших галузей доіндустріальної інженерії. Яким було головне кінематичне завдання під час конструювання ратушних годинників? А) Згенерувати максимальну потужність для виконання важкої фізичної роботи. Б) Жорстко обмежити вивільнення потенційної енергії піднятої гирі, перетворивши безперервний і прискорюваний обертальний рух на серію строго дозованих, періодичних та мікроскопічних кінематичних імпульсів. В) Перетворити теплову енергію згоряння на механічну роботу зубчастих коліс. Г) Забезпечити найвищу швидкість обертання стрілок без будь-яких гальмівних механізмів. **Відповідь: Б**

35. Найдавнішим регулятором ходу годинників був шпindelний спуск із коронним колесом. Чому цей механізм вважався інженерно недосконалим і спричиняв швидке руйнування трансмісії? А) Він виготовлявся виключно з дерева і швидко гнив. Б) Коронне колесо було занадто важким для підняття гирею. В) Він мав ефект руйнівного «відкату»: після удару зуба об лопатку вся система масивних зубчастих коліс змушена була на долю секунди повернутися у зворотному напрямку, долаючи шалений опір, що генерувало колосальне тертя ковзання і знос деталей. Г) Він не міг працювати у вертикальному положенні. **Відповідь: В**

36. Впровадження анкерного спуску та маятникового регулятора Гюйгенса здійснило революцію в метрології часу. Який фізичний принцип маятника дозволив нівелювати похибки та нерівномірне тертя у грубо викуваних зубчастих колесах? А) Здатність маятника генерувати власне магнітне поле. Б) Закон збереження маси в замкненій системі. В) Принцип ізохронності коливань: період (час) одного розмаху маятника при малих кутах відхилення залишається абсолютно стабільним і залежить лише від його довжини, ігноруючи коливання сили поштовхів від механізму. Г) Ефект термодинамічного охолодження маятника під час руху. **Відповідь: В**

37. Для забезпечення мікронної точності годинникових механізмів інженери були змушені відмовитися від ручного випилювання зубців напилком на око. Який ранній прецизійний пристрій дозволив нарізати зубчасті колеса з ідеальною геометричною симетрією? А) Гідравлічний прес із матрицею. Б) Токарно-гвинторізний верстат із автоматичною подачею. В) Зубофрезерний пристрій із ділильним диском, що гарантував абсолютну математичну рівність кутів повороту заготовки між прорізанням кожного наступного паза. Г) Лазерна вимірювальна рулетка. **Відповідь: В**

38. Чумацька мажа є еталоном доіндустріальної транспортної логістики. Чому при її конструюванні стельмахи категорично уникали використання жорстких залізних болтів і цвяхів для скріплення рами? А) Залізо значно обтяжувало віз, зменшуючи його вантажопідйомність. Б) В умовах екстремальних високочастотних вібрацій на степовому бездоріжжі жорсткі металеві кріплення миттєво розбили б клітинну структуру деревини; дерев'яні шипи та стягування мокрою сиром'ятною шкірою (гужвами) дозволяли рамі гнутися і поглинати кінетичну енергію ударів (принцип сайлентблока). В) Залізо швидко іржавіло і псувало товар (сіль) у кузові. Г) Майстри просто не вміли виготовляти металеві цвяхи.

Відповідь: Б

39. Дерев'яна вісь козацької мажі працювала в умовах складного напруженого стану. Чому майстри виточували вісь із суцільної дубової колоди так, щоб вона була масивною посередині і плавно звужувалася до країв (цапф)? А) Для покращення аеродинамічних характеристик воза. Б) Це було емпіричне втілення профілю рівного опору: максимальний згинальний момент від ваги вантажу виникає саме в геометричному центрі осі, тому там концентрували максимальний переріз металу/дерева для запобігання зламу, економлячи масу на краях. В) Для зручності нанесення мастила на центральну частину осі. Г) Звужені краї дозволяли встановлювати колеса будь-якого діаметра.

Відповідь: Б

40. Для захисту дерев'яних коліс мажі від абразивного стирання застосовувалася технологія «гарячого шинування». Яке фізичне явище лежало в основі міцної фіксації залізної шини на ободі без використання клею чи цвяхів? А) Ефект хімічної дифузії заліза в деревину. Б) Магнітне притягання між залізом і дубом. В) Термічне розширення та стискання металів: розпечений і розширений залізний обруч накидали на обід, а при раптовому охолодженні водою метал стрімко стискався, з колосальною концентричною силою намертво вдавлюючи спиці в маточину. Г) Гравітаційне зсув металу під власною вагою.

Відповідь: В

Блок 2.2: Множинний вибір (Multiple Choice)

У питаннях 41-45 оберіть усі правильні варіанти відповідей.

41. Транспортна механіка козацької доби передбачала створення коліс зі складною просторовою геометрією. Які інженерні функції виконували конусоподібність (нахил спиць назовні) та розвал осі (нахил цапф донизу) у важкому возі? (Оберіть декілька) А) Вони дозволяли транспортному засобу долати водні перешкоди вправ. Б) При боковому крені воза на вибоїні найнижча спиця ставала ідеально вертикально до землі, перетворюючи руйнівний боковий згин на безпечне осьове стискання (де міцність деревини найвища). В) Така геометрія утримувала колесо на осі, природним чином притискаючи маточину до внутрішнього товстого краю осі, запобігаючи злітання колеса під час руху. Г) Вони генерували додаткову тягову силу завдяки аеродинаміці.

Відповідь: Б, В

42. Винайдення анкерного (якірного) спуску кардинально підвищило точність годинникових механізмів. Які кінематичні переваги він мав над застарілим шпіндельним спуском? (Оберіть декілька) А) Всі рухи анкерної вилки та ходового колеса відбувалися в одній площині, що спростило передачу зусилля. Б) Анкерний спуск дозволяв годиннику працювати під водою без герметизації корпусу. В) Було ліквідовано ефект "відкоту" трансмісії: завдяки похилим імпульсним площинам палет, зубці колеса м'яко ковзали, передаючи мікроімпульс енергії регулятора без ударів і зворотного руху шестерень. Г) Радикальне зменшення тертя дозволило значно зменшити кут коливань маятника, наблизивши систему до ідеальної ізохронності.

Відповідь: А, В, Г

43. Мануфактурне виробництво на українських землях (гамарні, рудні) характеризувалося комплексною механізацією процесів обробки металів. Які механізми масово приводилися в дію від обертання головного вала водяного колеса? (Оберіть декілька) А) Важкі хвостові молоти для віджимання шлаків із криці та ущільнення заліза шляхом зворотно-поступальних ударів по ковадлу. Б) Великі ковальські міхи для безперервного нагнітання кисню в домниці, що дозволяло досягати температур плавлення чавуну. В) Парові локомотиви для транспортування руди по території заводу. Г) Горизонтальні шпінделі зі сталевими свердлами для глибокого механічного висвердлювання каналів у суцільнолитих бронзових гарматах.

Відповідь: А, Б, Г

44. У містах із Магдебурзьким правом цехове самоврядування ковалів та зброярів діяло як рання система інженерної стандартизації. Які принципи управління якістю (QMS) були притаманні цехам? (Оберіть декілька) А) Багаторічна система навчання та ліцензування фахівців (від учня до підмайстра) із фінальним іспитом у вигляді виготовлення еталонного виробу — «шедевра». Б) Обов'язкова публікація всіх креслень і рецептів сплавів у відкритих міських архівах для вільного копіювання конкурентами. В) Жорсткий корпоративний захист технологічних секретів, режимів термообробки (загартування) та складів флюсів як інтелектуальної власності (ноу-хау). Г) Маркування виробів особистим клеймом майстра для гарантування експлуатаційної надійності механізму та встановлення персональної юридичної відповідальності за брак. **Відповідь:** А, В, Г

45. Доіндустріальне млинарство вимагало глибокого розуміння аеродинаміки та фізики рідин. Які інженерні особливості відрізняли вітряні та водяні млини ранньомодерної доби? (Оберіть декілька) А) У шатрових вітряках стаціонарна будівля дозволила радикально збільшити площу крил і встановлювати відразу кілька кінематичних ліній (жорен), порівняно з обмеженими в масі стовповими вітряками, що оберталися цілком. Б) Водяні млини використовувалися виключно для перекачування чистої питної води в міські водогони. В) Для керування аеродинамічною потужністю під час поривів вітру мірошники застосовували механічні гальмівні стрічки на головному колесі та фізично зменшували площу парусини на решітках крил. Г) Будівництво дамб для верхньобійних водяних коліс дозволяло акумулювати потенційну енергію (напір) і контролювати швидкість обертання механізму за допомогою шлюзових засувок. **Відповідь:** А, В, Г

Блок 2.3: Встановлення відповідності (Matching)

У питаннях 46-48 встановіть логічні пари.

46. Встановіть відповідність між елементом механізму мануфактурної доби та його базовою кінематичною функцією:

1. Кулачковий вал (Camshaft) у козацькій гамарні.
2. Анкерний спуск (Escapement) у годиннику.
3. Цівкова передача (Lantern gear) у водяному млині.

Варіанти:

А) Підвищувальний редуктор (мультиплікатор), що трансформує повільне обертання гідровала у високошвидкісне обертання вертикального веретена жорна.

Б) Кінематична пара, що перетворює безперервний обертальний рух колісної трансмісії на строго дискретний (кроковий, переривчастий) рух, необхідний для відліку часу.

В) Механізм перетворення безперервного обертання на лінійний зворотно-поступальний (ударний) рух хвостового молота через періодичне вивільнення потенційної енергії.

Відповідь: 1-В, 2-Б, 3-А

47. Встановіть відповідність між породою деревини та обґрунтуванням її використання в екстремальних вузлах доіндустріальної техніки (емпіричне матеріалознавство):

1. Дуб (Oak).
2. Ясен або В'яз (Ash/Elm).
3. Граб або Яблуня (Hornbeam/Apple).

Варіанти:

А) Матеріал для спиць коліс та шатунів: висока пружність та здатність працювати на поздовжній згин дозволяли деталям поглинати динамічні удари і вібрації без крихкого розколювання.

Б) Матеріал для пальців і цівок зубчастих передач: надзвичайно щільна структура та виділення природних смол забезпечували ефект сухого мащення, запобігаючи згорянню при терті ковзання.

В) Матеріал для головних трансмісійних валів і осей воза: надзвичайно висока міцність на статичний стиск і зріз дозволяла витримувати колосальну вагу без зминання волокон.

Відповідь: 1-В, 2-А, 3-Б

48. Встановіть відповідність між елементом точної мікромеханіки (годинникарства) та його фізичною роллю в системі:

1. Масивна гиря на барабані або стиснена пружина.

2. Колісна (зубчаста) система передач.
3. Маятник (Pendulum).

Варіанти:

- А) Кінематичний дільник частоти та понижувальний редуктор швидкості, що транслює мікроімпульси до індикаторів (стрілок).
Б) Ізохронний стабілізатор частоти (еталон часу), що підпорядковує собі ритм усього механізму і компенсує втрати від нерівномірного тертя.
В) Первинний гравітаційний (або пружний) акумулятор енергії, що створює постійний крутний момент для забезпечення автономної роботи автомата.

Відповідь: 1-В, 2-А, 3-Б

Блок 2.4: Встановлення послідовності (Sequence)

У питаннях 49-50 встановіть правильну послідовність.

49. Встановіть інженерно-кінематичну послідовність перетворення енергії в мануфактурному металообробному процесі (від стихії до кованого виробу):

1. Динамічний удар: бойок вільно падає на розпечену заготовку, деформуючи кристалічну решітку металу і вичавлюючи шлаки (кінетична енергія переходить у роботу пластичної деформації).
2. Захоплення гідропотенціалу: вода падає на ковші верхньобічного водяного колеса, обертаючи масивний головний вал (перетворення потенційної енергії маси води на крутний момент).
3. Акумуляція енергії молота: обертовий дерев'яний кулачок наїжджає на хвіст важеля і тисне його вниз, піднімаючи масивний залізний бойок вгору (перетворення обертання на накопичення потенційної енергії маси в гравітаційному полі).
4. Розрив контакту: кулачок зісковзує з хвоста важеля, позбавляючи молот точки опори.

Відповідь: 2 -> 3 -> 4 -> 1

50. Встановіть термодинамічну технологічну послідовність насаджування залізної шини на дерев'яне колесо чумацької мажі (метод гарячого шинування):

1. Впровадження термічного напруження: залізний обруч різко поливають холодною водою, викликаючи стрімке стискання кристалічної решітки і виникнення концентричної сили, що намертво вдавлює спиці в маточину.
2. Просторування (підготовка металу): коваль виковує замкнений залізний обруч, внутрішній діаметр якого свідомо робиться трохи меншим за зовнішній діаметр готового дерев'яного обода.
3. Експансія (теплове розширення): шину рівномірно розігрівають у ковальському горні до червоного розжарення, збільшуючи її внутрішній діаметр.
4. Монтаж: розширений гарячий металевий обруч швидко накидають на дерев'яне колесо.

Відповідь: 2 -> 3 -> 4 -> 1

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ПРОМИСЛОВА РЕВОЛЮЦІЯ ТА ДИНАМІКА МАШИН (25 питань)

Блок 3.1: Вибір однієї правильної відповіді (Single Choice)

У питаннях 1-15 оберіть одну правильну відповідь.

1. Впровадження парових машин у ХІХ столітті докорінно змінило економічну географію на українських землях, зокрема на Донбасі. Яка фундаментальна інженерна перевага дозволила паровому двигуну здійснити цю революцію порівняно з водяними колесами?

- А) Парові машини виготовлялися виключно з дерева, що робило їх дешевими у виробництві.
Б) Парова машина стала першим автономним первинним двигуном, не прив'язаним до природних гідроресурсів (річок), що дозволило будувати металургійні та машинобудівні заводи безпосередньо біля родовищ корисних копалин (вугілля та руди). В) Парові машини не вимагали жодного технічного обслуговування завдяки відсутності рухомих деталей. Г) Паровий двигун перетворював кінетичну енергію вітру на електричну енергію. **Відповідь:** Б

2. Серцем парової машини, що дозволило їй стати універсальним приводом для фабричних верстатів, став кривошипно-шатунний механізм (КШМ). Яку головну кінематичну задачу він вирішував? А) Перетворення обертального руху коліс на теплову

енергію для нагрівання котла. Б) Перетворення зворотно-поступального (лінійного) руху поршня у циліндрі на безперервний обертальний рух головного заводського вала. В) Забезпечення виключно поступального руху для роботи ткацьких верстатів. Г) Зменшення швидкості обертання вала без втрати крутного моменту. **Відповідь: Б**

3. Під час експлуатації перших парових машин інженери зіткнулися з проблемою зупинки механізму в «мертвих точках» (коли поршень, шатун і кривошип шикуються в одну лінію, створюючи нульовий крутний момент). Яке історичне інженерне рішення дозволило подолати цю кінематичну кризу? А) Встановлення додаткового ручного коловороту, який робітники крутили безперервно. Б) Насаджування на головний вал масивного чавунного маховика, який акумулював кінетичну енергію і за рахунок колосальної інерції "протягував" механізм крізь мертві точки, згладжуючи обертання. В) Використання виключно дерев'яних шатунів для забезпечення їхньої гнучкості. Г) Застосування магнітного поля Землі для відштовхування поршня. **Відповідь: Б**

4. Намагаючись максимізувати потужність, кочегари часто перегрівали парові котли, що призводило до катастрофічних вибухів. Який автономний механічний пристрій був винайдений інженерами для гарантування термодинамічної безпеки без участі людини? А) Електронний термостат із цифровим дисплеєм. Б) Механічний важільний запобіжний клапан: коли тиск пари перевищував розрахункову вагу чавунної гирі на важелі, клапан автоматично піднімався, стравлюючи надлишкову пару в атмосферу. В) Система автоматичного зливу всієї води з котла при досягненні температури кипіння. Г) Свинцева плomba, яка плавилася і гасила вугілля у топці. **Відповідь: Б**

5. Завод братів Ельворті у Єлисаветграді (сучасний Кропивницький) став піонером у виробництві сільськогосподарської техніки. Який фундаментальний принцип серійного виробництва дозволив радикально здешевити ремонт сівалок безпосередньо в полі? А) Принцип індивідуального кування кожної деталі з унікальними розмірами. Б) Принцип взаємозамінності деталей: завдяки масовому литтю та штампуванню за еталонними лекалами (кокілями), зламану шестірню можна було миттєво замінити на ідентичну нову з каталогу без ручного припасування ковалем. В) Використання виключно дерев'яних деталей, які селянин міг вирізати самостійно. Г) Застосування одноразових механізмів, які після поломки здавалися на металобрухт. **Відповідь: Б**

6. Для забезпечення математично точної відстані між насінинами в ґрунті інженери-аграрії розробили кінну рядову сівалку. Яким чином кінематика цієї машини гарантувала рівномірність висіву незалежно від того, біжить кінь чи йде повільно? А) Обертання висівних катушок здійснювалося автономним паровим двигуном із постійною швидкістю. Б) Обертання знімалося безпосередньо з ходового (опорного) колеса сівалки і через зубчасту трансмісію передавалося на дозатори; таким чином, швидкість обертання катушок була жорстко синхронізована зі швидкістю руху самої машини по полю. В) Фермер вручну крутив ручку дозатора в такт крокам коня. Г) Застосовувалася система гравітаційного висипання через калібровані отвори без рухомих частин. **Відповідь: Б**

7. У конструкції кінних жаток рух від колеса перетворювався на високочастотний зворотно-поступальний рух різального ножа. Чому інженери свідомо використовували довгий дерев'яний (ясеновий) шатун замість сталевих у цьому кривошипно-повзунковому механізмі? А) Для зменшення загальної ваги машини заради економії тягової сили. Б) Сталевий шатун жорстко передавав би руйнівні динамічні удари від зміни напрямку руху ножа на тендітні чавунні шестерні; пружний дерев'яний шатун працював як демпфер (амортизатор), згинаючись і поглинаючи високочастотні вібрації. В) Дерево не іржавіло під час роботи у вранішній росі. Г) Дерев'яний шатун був дешевшим у виготовленні. **Відповідь: Б**

8. Під час оранки багатокорпусним плугом на великій швидкості леміш міг натрапити на прихований гранітний валун. Яке інженерне рішення дозволяло захистити дорогу сталеву раму плуга від фатального скручування та деформації? А) Нарощування товщини рами до кількох десятків сантиметрів суцільної сталі. Б) Впровадження механізмів розриву кінематичного ланцюга: використання зрізних болтів (які ламалися при піковому навантаженні, відкидаючи леміш) або потужних пружинних шарнірів, що дозволяли стійці відхилитися і "перестрибнути" перешкоду. В) Встановлення перед плугом спеціальних радарів

для сканування ґрунту. Г) Застосування чавунних лемешів, які розбивали будь-який камінь.

Відповідь: Б

9. Створення українських політехнічних інститутів (Київ, Харків, Львів) ознаменувало відмову від ремісничого конструювання "на око". Який фундаментальний внесок у науку про міцність зробив видатний український учений Степан Тимошенко при дослідженні товстих металевих балок? А) Він довів, що сталь з часом перетворюється на чавун під дією сонячного світла. Б) На відміну від класичних спрощених теорій, він уперше врахував у розрахунках деформації зсуву (перекосу волокон металу) та інерцію їхнього обертання, що дозволило безпечно проєктувати масивні мости та кораблі без надмірного потовщення металу. В) Він розробив технологію виготовлення балок із пресованого паперу. Г) Він довів, що міцність балки залежить виключно від її кольору. **Відповідь: Б**

10. Інженери XIX століття довго не могли зрозуміти, чому довга і тонка сталева колона, розрахована витримувати сотні тонн на стиск, раптово вигиналася вбік і ламалася при значно меншому навантаженні. Як називається це явище і яке раціональне рішення було знайдено? А) Явище термічної деградації; рішення — фарбування колони у світлі кольори. Б) Явище втрати пружної стійкості (поздовжній згин); рішення — відмова від суцільного металевго прута на користь двотаврового (Н-подібного) профілю або труби, де вся маса металу концентрується на периферії, створюючи максимальний опір вигину. В) Явище абразивного зносу; рішення — змащення колони солідолом. Г) Явище кристалізації; рішення — постійне підігрівання металу. **Відповідь: Б**

11. З появою швидкохідних турбін виникла проблема, коли на певній швидкості вал починав дико вібрувати, загрожуючи розірвати машину, але при подальшому збільшенні швидкості вібрація раптово зникла. Який фізичний процес викликав цю динамічну кризу? А) Термічне розширення металу. Б) Руйнівний резонанс: частота збуджувальної відцентрової сили від незбалансованих мас збігалася з власною природною частотою коливань пружного сталевго вала (досягнення критичної швидкості ротора). В) Ефект магнітної левітації ротора. Г) Кавітація повітря навколо турбіни. **Відповідь: Б**

12. Експлуатація залізничного транспорту виявила підступного ворога: сталеві осі вагонів, які мали величезний статичний запас міцності, раптово розліталися навпіл з ідеально гладким зломом. Яка специфіка навантаження спричиняла це явище втоми металів? А) Осі ламалися через перегрів від тертя об рейки. Б) Осі зазнавали циклічних знакозмінних навантажень: оскільки вісь постійно оберталася під вагою вагона, кожне волокно металу мільйони разів переходило із зони максимального стиску в зону максимального розтягування, що провокувало зародження мікротріщин. В) Осі руйнувалися через хімічну корозію від дощу. Г) Осі ламалися через занадто м'яку сталь. **Відповідь: Б**

13. Вивчення явища втоми металів довело, що тріщини найчастіше зароджуються в місцях "різкої зміни геометрії" (наприклад, прямих внутрішніх кутах на валах), де силові лінії скупчуються. Як в інженерії називаються такі місця і як з ними борються? А) Це демпфери; борються шляхом їх нагрівання. Б) Це концентратори напружень; борються шляхом запровадження галтелей — плавних радіусних заокруглень, які дозволяють силовим лініям м'яко огинати звуження, розсіюючи пікові локальні перевантаження. В) Це зони пластичності; борються шляхом їх загартування. Г) Це магнітні аномалії; борються шляхом розмагнічування. **Відповідь: Б**

14. Важкі шатуни та кривошипи перших паротягів здійснювали складний рух зовні коліс, створюючи величезні незбалансовані відцентрові сили, що змушувало локомотив "галопувати" (підстрибувати). Яке конструктивне рішення дозволило стабілізувати паротяг на високих швидкостях? А) Зменшення тиску пари в котлі. Б) Динамічне балансування мас: інженери почали відливати на ведучих колесах (точно навпроти кріплення шатуна) масивні металеві противаги, відцентрова сила яких взаємно знищувала руйнівну силу шатунно-поршневої групи. В) Встановлення додаткових гумових амортизаторів під колеса. Г) Заміна сталевих шатунів на дерев'яні. **Відповідь: Б**

15. Сталевий корпус довгого пароплава, що долає морські хвилі, з точки зору будівельної механіки працює як величезна порожниста балка. Що відбувається з палубою та днищем судна (явище перегину/прогину), коли центр корабля опиняється на гребені хвилі, а ніс і

корма провисають? А) Корпус залишається абсолютно нейтральним до навантажень завдяки закону Архімеда. Б) Судно прагне вигнутися дугою догори: верхня палуба зазнає колосального розтягування (волокна намагаються порватися), а днище зазнає максимального стискання. В) Палуба стискається, а днище розтягується. Г) Корпус розширюється вшир, розтягуючи шпангоути. **Відповідь: Б**

Блок 3.2: Множинний вибір (Multiple Choice)

У питаннях 16-20 оберіть усі правильні варіанти відповідей.

16. Які фактори сприяли технологічній інтеграції (синергії) та формуванню потужного індустріального хабу на Півдні та Сході України (Донбас, Придніпров'я) у ХІХ столітті? (Оберіть декілька) А) Впровадження парових повітродувов замість ручних міхів дозволило подавати кисень під високим тиском у домни, радикально збільшивши виплавку міцної сталі з місцевої руди. Б) Видобуток вугілля забезпечувався завдяки паровим балансирним насосам, які відкачували воду з глибоких шахт, рятуючи їх від затоплення. В) Замкнений виробничий цикл: вугілля живило металургію і парові машини, виплавлена сталь йшла на будівництво нових котлів, шахтних клітей та рейок, що дозволяло видобувати ще більше сировини. Г) Повна відмова від використання металів на користь імпортного пластику. **Відповідь: А, Б, В**

17. Створення українських політехнічних шкіл (Київ, Харків, Львів) докорінно змінило філософію інженерної освіти та проєктування. Які досягнення належать до вітчизняної школи прикладної механіки? (Оберіть декілька) А) Теорія розрахунку балок Тимошенка, що врахувала деформації зсуву при згині товстих валів, запобігаючи їхньому руйнуванню. Б) Доведення того, що Земля є пласкою. В) Системні лабораторні дослідження явища втоми металів під дією знакозмінних навантажень та визначення границь витривалості для сталей. Г) Розробка математичних методів динамічного балансування незбалансованих обертових мас роторів для уникнення руйнівного резонансу. **Відповідь: А, В, Г**

18. Завод братів Ельворті та інші вітчизняні підприємства сільськогосподарського машинобудування здійснили інженерну революцію в аграрному секторі. Які технологічні інновації були притаманні цій техніці? (Оберіть декілька) А) Використання виключно ручної праці без залучення машин. Б) Впровадження принципу взаємозамінності деталей: масове штампування та лиття за єдиними еталонами дозволило селянам швидко замінювати зламані шестерні просто в полі, замовивши їх за каталогом. В) Застосування закритих чавунних картерів для зубчастих передач, що захищало кінематичні пари від потрапляння кварцового піску (абразивного пилу) та запобігало швидкому зношуванню механізмів. Г) Складна термічна обробка (цементация) лемешів плуга та ножів жатки, що забезпечувала надтверду різальну поверхню при збереженні в'язкої і пружної серцевини для захисту від крихкого зламу при ударах об каміння. **Відповідь: Б, В, Г**

19. Історичне вивчення явища втоми металів на транспорті призвело до формування нових інституційних норм експлуатаційної безпеки. Які превентивні методи почали застосовувати інженери для запобігання раптовим аваріям? (Оберіть декілька) А) Зменшення розрахункової товщини всіх деталей на 50%. Б) Уникнення концентраторів напружень шляхом заміни гострих кутів на плавні радіусні галтелі та ретельне полірування поверхонь для видалення мікроподряпин. В) Запровадження індивідуальних паспортів для відповідальних деталей (осей, валів) з фіксацією пробігу та плановим жорстким вибракуванням по досягненні межі циклів втоми, навіть якщо деталь виглядає цілою. Г) Розробка перших методів неруйнівного контролю (дефектоскопії), таких як простукування або гасові проби, для виявлення прихованих мікротріщин. **Відповідь: Б, В, Г**

20. Кривошипно-шатунний механізм (КШМ) став базовим елементом динаміки машин ХІХ століття. Які твердження щодо кінематики та динаміки КШМ парової машини є правильними? (Оберіть декілька) А) Шатун здійснює складний плоскопаралельний рух, з'єднуючи повзун (який рухається прямолінійно) із кривошипом (який здійснює повнообертовий рух). Б) У «мертвих точках» тиск пари на поршень максимальний, але крутний момент на валу дорівнює нулю, оскільки плече сили відсутнє (лінія дії сили проходить через центр обертання). В) Маховик використовувався виключно як декоративний елемент і не впливав на рівномірність ходу. Г) Золотниковий паророзподіл дозволяв інженеру керувати

напрямок обертання машини (здійснювати реверс), перекидаючи канали подачі пари зліва направо без використання шестерень. **Відповідь:** А, Б, Г

Блок 3.3: Встановлення відповідності (Matching)

У питаннях 21-23 встановіть логічні пари.

21. Встановіть відповідність між вузлом сільськогосподарської машини епохи індустріалізації та кінематичною або механічною проблемою, яку він вирішував:

1. Зубчаста трансмісія та висівна котушка кінної сівалки.
2. Дерев'яний (ясеновий) шатун різального апарата жатки.
3. Зрізний болт або пружинний шарнір на стійці багатокорпусного плуга.

Варіанти:

А) Демпфування (поглинання) високочастотних вібрацій та ударів від зміни напрямку руху ножа, що захищало тендітні чавунні шестерні від крихкого руйнування.

Б) Жорстка синхронізація обертання дозатора зі швидкістю ходового колеса, що гарантувало математично точну і рівномірну відстань між насінинами в ґрунті незалежно від темпу руху коня.

В) Розрив кінематичного ланцюга (заплановане руйнування або відхилення) при екстремальному зіткненні лемеша з прихованим валуном, що рятувало масивну несучу раму від фатальної деформації (скручування).

Відповідь: 1-Б, 2-А, 3-В

22. Встановіть відповідність між фундаментальною науковою проблемою прикладної механіки ХІХ ст. та інженерним рішенням, запропонованим для її подолання вітчизняними політехнічними школами:

1. Втрата пружної стійкості (поздовжній згин) тонких сталевих колон під статичним навантаженням.
2. Зародження втомних мікротріщин у металевих осях вагонів під час циклічного обертання.
3. Руйнівний динамічний резонанс та вібрація швидкохідних роторів парових турбін.

Варіанти:

А) Впровадження плавних радіусних галтелей та полірування поверхонь для ліквідації концентраторів напружень.

Б) Математичний розрахунок критичної швидкості ротора та методів динамічного балансування незбалансованих мас.

В) Відмова від суцільних круглих чи квадратних профілів металу на користь двотаврових (Н-подібних) балок та труб, де маса винесена на периферію для максимального опору згину.

Відповідь: 1-В, 2-А, 3-Б

23. Встановіть відповідність між специфікою напружено-деформованого стану мобільної конструкції транспорту та її фізичним проявом:

1. Корпус морського пароплава, що опинився центром на гребені довгої хвилі (явище перегину).
2. Вісь вантажного вагона локомотива під час швидкісного руху.
3. Клепаний паровий котел локомотива, який кочегар нагрів вище норми.

Варіанти:

А) Кожне волокно на поверхні деталі мільйони разів зазнає знакозмінного навантаження (від максимального стискання зверху до розтягування знизу), що ініціює втому металу.

Б) Виникає колосальне термодинамічне напруження розриву, яке діє на металеві стінки зсередини і вимагає спрацьовування автоматичного важільного запобіжного клапана.

В) Корпус вигинається дугою догори: сталеві листи палуби зазнають критичного розтягування (ризик розриву по швах), а листи днища — стискання, що вимагає компенсації потужними поздовжніми стрингерами.

Відповідь: 1-В, 2-А, 3-Б

Блок 3.4: Встановлення послідовності (Sequence)

У питаннях 24-25 встановіть правильну послідовність.

24. Встановіть кінематичну та термодинамічну послідовність передачі енергії у промисловій паровій машині (від джерела до корисної роботи механізму):

1. Складний плоскопаралельний рух шатуна, який шарнірно з'єднує поступальний елемент з обертовим.
2. Хімічна енергія спаленого вугілля перетворюється на теплову енергію, яка змушує воду в замкненому котлі кипіти та утворювати пару під високим тиском.
3. Обертальний рух кривошипа, що передається на масивний чавунний маховик, який за інерцією долає «мертві точки» і крутить фабричні трансмісії.
4. Пара подається в циліндр через золотник, де вона адіабатно розширюється, штовхаючи поршень і виконуючи лінійний зворотно-поступальний рух (механічну роботу).

Відповідь: 2 -> 4 -> 1 -> 3

25. Встановіть причинно-наслідкову послідовність явища руйнування деталі від втоми матеріалів (на прикладі осі локомотива XIX ст.):

1. Раптовий, безшумний крихкий злам деталі (з характерною блискучою поверхнею відриву) в момент, коли "живого" (неушкодженого) перерізу металу стає недостатньо для утримання ваги.
2. Непомітне проростання мікротріщини вглиб металу з кожним новим обертом осі (накопичення втомних пошкоджень у кристалічній решітці).
3. Наявність концентратора напружень на поверхні (наприклад, прямого внутрішнього кута при переході діаметрів), де скупчуються силові лінії.
4. Тривала експлуатація в умовах багаторазових циклічних (знакозмінних) навантажень, що породжують локальні пікові перенапруження у зоні концентратора і появу первинної мікротріщини.

Відповідь: 3 -> 4 -> 2 -> 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Директор ЗПО «ДПТК» — Олександр СТІЛЕЦЬ

БАНК ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ (LMS-READY) Дисципліна: Історія та культура України (Професійно-орієнтований курс) **Цільова аудиторія:** Слухачі (галузь знань: 13 Механічна інженерія; спеціальність: 131 Прикладна механіка) **Охоплення матеріалу:** Змістовий модуль 4. Сучасна прикладна механіка, робототехніка та інженерна етика (Друга половина XX ст. – Сьогодення)

Методична примітка: База тестових завдань розроблена для інтеграції в системи дистанційного навчання (Moodle, Google Classroom). Формулювання питань жорстко сфокусовані на виключно історичному, соціальному та концептуальному контексті еволюції інженерної думки новітнього часу. Усі математичні формули вилучено; акцент робиться на розумінні того, як перехід до цифрового проектування, використання аерокосмічних технологій, боротьба з наслідками техногенних та військових руйнувань і формування етики відповідальності змінили філософію професії інженера-механіка.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. ІСТОРИЧНА ЕВОЛЮЦІЯ СУЧАСНОЇ ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ЕТИКИ (25 питань)

Блок 4.1: Вибір однієї правильної відповіді (Single Choice)

У питаннях 26-40 оберіть одну правильну відповідь.

26. Історичний перехід до аерокосмічної інженерії (на прикладі КБ «Південне» та заводу «Південмаш») кинув виклик класичним парадигмам металообробки XIX століття. Яке революційне конструктивне рішення дозволило надтонким стінкам паливних баків витримувати колосальні осьові перевантаження під час старту без явища втрати пружної стійкості (поздовжнього зминання)? А) Свідоме збільшення товщини стінок ракети до кількох десятків сантиметрів за рахунок масивних чавунних плит, як це робилося у традиційному важкому машинобудуванні. Б) Впровадження інноваційних ізогридних (вафельних) оболонки: методом високоточного хімічного або механічного фрезерування на внутрішній стороні надтонкої стінки створювалася інтегральна сітка перехресних ребер жорсткості, що працювала як потужний просторовий каркас без критичного збільшення ваги. В) Застосування дерев'яних дубових розпірок усередині корпусу ракети, які згорали у щільних шарах атмосфери після виконання своєї опорної функції. Г) Повна відмова від використання

будь-яких металів на користь еластичних гумових резервуарів, що розтягувалися під тиском палива. **Відповідь: Б**

27. Фюзеляж важкого транспортного літака історично зазнає постійних циклічних перепадів тиску (роздування на висоті та стискання при зниженні), що неминуче провокує втому дюралюмінію. Яку філософсько-інженерну концепцію конструювання впровадило КБ «Антонов» для запобігання раптовим авіакатастрофам? А) Концепцію абсолютно жорсткого та непорушного моноліту, згідно з якою обшивка потовщувалася настільки, щоб унеможливити зародження будь-якої тріщини протягом усього життєвого циклу машини. Б) Концепцію «безпечного руйнування» (Fail-Safe Design): інженери визнали неминучість зародження втомної мікротріщини, але посилили фюзеляж складною системою стрінгерів та шпангоутів (стоперів), які гарантовано гасять і зупиняють її магістральне поширення до моменту планового технічного обслуговування. В) Концепцію ігнорування втоми металу за умови щоденного перефарбовування фюзеляжу спеціальними захисними полімерними фарбами. Г) Концепцію одноразового використання літальних апаратів із повною заміною фюзеляжу після кожного трансконтинентального рейсу. **Відповідь: Б**

28. Історичний перехід світової та вітчизняної аеромеханіки від класичних металів до полімерних композиційних матеріалів (вуглепластиків) кардинально змінив філософію опору матеріалів. У чому полягає головна концептуальна перевага композитів при проєктуванні аеродинамічних поверхонь? А) Композитні матеріали, на відміну від металів, мають абсолютно однакову міцність в усіх можливих напрямках (ідеальну ізотропію), що спрощує процес їх штампування. Б) Композити володіють керованою анізотропією: інженер укладає надміцні вуглецеві волокна в матриці виключно вздовж ліній очікуваних векторів експлуатаційного навантаження, прибираючи зайву масу звідти, де матеріал не працює, досягаючи фізично недосяжного для металургії балансу міцності та невагомості. В) Вуглепластики здатні самотійно виробляти електроенергію під час тертя об повітря, заряджаючи бортові акумулятори літака. Г) Деталі з полімерних композитів є абсолютно прозорими і невидимими для радарів супротивника за будь-яких умов. **Відповідь: Б**

29. Під час створення кріогенних паливних баків для космічних ракет історичне заклепкове з'єднання (яке використовувалося у мостобудуванні та ранній авіації) виявилось технологічним глухим кутом. Яка передова технологія з'єднання була масово впроваджена для забезпечення абсолютної структурної цілісності? А) Склеювання алюмінієвих панелей багатокомпонентними органічними смолами під колосальним гідравлічним тиском. Б) Автоматичне аргонодугове та електронно-променеве зварювання: плавлення в середовищі інертних газів або у глибокому вакуумі дозволило створити монолітний металевий шов без пор, шлакових включень і концентраторів напружень, який не втрачає пластичності навіть за наднизьких температур рідкого кисню. В) Зв'язування елементів ракети надміцними кевларовими тросами, що забезпечувало гнучкість конструкції під час вібрацій. Г) Використання складних дерев'яних замкових з'єднань («ластівчин хвіст»), що розбухали від вологи та герметизували бак. **Відповідь: Б**

30. Поява концепції Індустрії 4.0 трансформувала класичний механічний верстат ХХ століття у складну кіберфізичну систему (CPS). Яка історико-технологічна зміна дозволяє сучасному "розумному" виробництву уникати раптових катастрофічних поломок обладнання? А) Тотальне повернення до ручної праці майстрів-універсалів, які візуально контролюють кожен оберт шпинделя і своєчасно вимикають живлення. Б) Інтеграція фізичного верстата з промисловою сенсорною мережею (IoT), яка в реальному часі збирає акустичні та вібраційні дані, передаючи їх алгоритмам штучного інтелекту для предиктивної (прогностичної) аналітики зносу інструмента та автоматичного коригування режимів різання до моменту фактичної аварії. В) Повна відмова від використання різальних інструментів на користь формування деталей виключно з рідких полімерів. Г) Примусове відключення всіх електронних систем верстата від глобальної мережі інтернет для уникнення кібератак. **Відповідь: Б**

31. Впровадження систем комп'ютерного інженерного аналізу (CAE) здійснило історичну революцію в методології перевірки надійності конструкцій, фактично замінивши собою епоху дорогих руйнівних фізичних стендових випробувань. На якому концептуальному

математичному принципі базується робота віртуальних краш-тестів? А) На принципі випадкового генерування візуальних дефектів на кресленні для тренування інтуїції головного конструктора. Б) На Методі скінченних елементів (МСЕ / FEA): комп'ютерна програма дискретизує (розбиває) складну суцільну 3D-модель (цифровий двійник) на мільйони найдрібніших геометричних фігур (тетраєдрів) і розраховує деформацію кожної з них, візуалізуючи невидимі зони концентрації напружень у вигляді кольорових епюр задовго до створення металевого прототипу. В) На принципі екстраполяції аеродинамічних властивостей двовимірних паперових моделей на реальні тривимірні об'єкти. Г) На астрологічному прогнозуванні поведінки кристалічної решітки металу залежно від фаз місяця. **Відповідь: Б**

32. Балістики аерокосмічної галузі вимагають від конструкторів радикального зниження маси деталей без втрати їхньої просторової жорсткості. Який еволюційний алгоритм сучасного цифрового проєктування дозволяє системі самостійно створювати деталі химерної, біонічної (схожої на скелет) форми? А) Метод інтуїтивного сліпого висвердлювання отворів у готовому виробі силами найдосвідченіших токарів підприємства. Б) Топологічна оптимізація (генеративний дизайн): обчислювальний алгоритм аналізує шляхи передачі фізичних зусиль усередині початкової суцільної CAD-моделі і автоматично "розчиняє" (видаляє) весь «лінивий» метал із зон з нульовими напруженнями, залишаючи виключно ті органічні лінії, які реально несуть механічне навантаження. В) Технологія штучного стискання титанових сплавів під водою для збільшення їхньої щільності та зменшення об'єму. Г) Заміна всіх металевих силових кронштейнів на надруковані на 3D-принтері аналоги з пресованого паперу. **Відповідь: Б**

33. Під час повоєнної відбудови зруйнованих об'єктів критичної інфраструктури інженери постійно стикаються з наслідками дії вибухової хвилі на сталеві каркаси. Яка невидима фізична деградація структури металу, вкрай небезпечна для подальшого зварювання, відбувається в епіцентрі потужного динамічного удару? А) Метал під дією звукової хвилі перетворюється на рідину і назавжди втрачає свою первісну просторову форму. Б) Виникає явище «шокового наклепу»: кристалічна решітка сталі різко спотворюється і ущільнюється, внаслідок чого метал стає надтвердим, але повністю втрачає свою в'язкість і пластичність (стає крихким). Будь-яка спроба приварити нову балку безпосередньо до такого рваного краю призведе до негайного утворення магістральної тріщини під навантаженням. В) Сталь в епіцентрі вибуху іонізується, стає радіоактивною і починає світитися в темряві. Г) Метал миттєво набуває властивостей абсолютної пружності (гуми) і стає незруйновим для будь-якого інструмента. **Відповідь: Б**

34. Тривалий вплив надвисоких температур (масштабна пожежа) критично випалює вуглець та знижує несучу здатність сталевих балок перекриття. Які історико-фізичні наслідки для металу має раптове гасіння розпеченого до червоного кольору каркаса великим об'ємом холодної води з пожежних гідрантів? А) Вода змиває окалину, внаслідок чого сталь повністю очищається від іржі і магічним чином відновлює свої первісні заводські характеристики міцності. Б) Відбувається неконтрольований і хаотичний процес термічного загартування з утворенням надтвердих і крихких мартенситних структур; усередині обгорілих балок генеруються колосальні залишкові термічні напруження, які можуть розірвати конструкцію при найменшому зовнішньому вібраційному впливі чи спробі вирівнювання домкратом. В) Метал стає настільки пластичним, що його можна формувати та розтягувати голими руками без використання пресів. Г) Звичайна конструкційна сталь вбирає воду і набуває антикорозійних властивостей високолегованої нержавіючої сталі. **Відповідь: Б**

35. Історичний досвід техногенних катастроф довів, що візуальний огляд пошкоджених конструкцій є недостатнім і кваліфікується як інженерна недбалість. Який сучасний метод неруйнівного контролю (NDT) дозволяє фахівцю "зазирнути всередину" сталі для виявлення прихованих глибинних мікротріщин та несправів у товщі масивного зварного шва? А) Метод простукування деталі дерев'яним молотком із паралельним прослуховуванням луни через медичний стетоскоп. Б) Ультразвукова дефектоскопія (УЗД): високочастотна акустична хвиля проникає глибоко в товщу металу і миттєво відбивається від невидимої внутрішньої тріщини (як від межі середовищ); екран осцилографа фіксує час повернення луни, дозволяючи інженеру з міліметровою точністю визначити глибину залягання

дефекту. В) Метод нагрівання деталі відкритим полум'ям до червоного розжарення для візуального прояву темних ліній тріщин на поверхні. Г) Рентгенівське опромінення масивних сталевих колон за допомогою звичайних побутових ламп розжарювання. **Відповідь: Б**

36. Небезпечна втома металу зароджується на поверхні деталі (в зонах концентраторів напружень) і довгий час залишається невидимою навіть для мікроскопів через щільне стискання країв мікротріщини. Який інструментальний метод дефектоскопії дозволяє швидко локалізувати такі приховані поверхневі дефекти на відповідальних валах та роторах турбін? А) Занурення всієї деталі в резервуар із концентрованою сірчаною кислотою для роз'їдання верхнього шару металу. Б) Магнітопорошковий метод: деталь штучно намагнічують і посипають спеціальним сухим феромагнітним порошком (або суспензією); магнітні силові лінії різко викривляються над невидимою мікротріщиною, притягуючи до себе частинки порошку і формуючи яскравий, чіткий індикаторний малюнок контуру дефекту. В) Тривале освітлення деталі потужною ультрафіолетовою лампою без попереднього застосування будь-яких проникаючих рідин чи барвників. Г) Зважування деталі на лабораторних надточних вагах для виявлення втрати маси через утворення мікротріщини.

Відповідь: Б

37. В історії найгучніших техногенних катастроф (авіаційних, космічних, інфраструктурних) найнебезпечнішим психологічним явищем у середовищі інженерів та операторів визнано синдром «нормалізації відхилень». У чому полягає руйнівна сутність цього патерну поведінки на виробництві? А) У надмірно суворому, безкомпромісному дотриманні всіх державних стандартів та бюрократичних інструкцій, що сповільнює випуск продукції. Б) Технічний персонал поступово психологічно звикає до систематичних дрібних аномалій (підвищена вібрація ротора, поява дрібних тріщин, підтікання мастила), починаючи хибно сприймати їх як допустиму "норму", оскільки вони одразу не призводять до аварії; при цьому в металі непомітно накопичуються втомні пошкодження, що гарантовано завершується раптовим макроруйнуванням. В) У категоричній відмові керівництва заводу від використання сучасних комп'ютерних систем моніторингу через страх перед кібератаками. Г) У безперервному раціоналізаторському вдосконаленні конструкції механізму робітниками без узгодження з головним інженером проєкту. **Відповідь: Б**

38. Інститут «Whistleblowing» (викривальна діяльність) у сучасній інженерній етиці вважається найвищим проявом громадянської мужності технократа. Що саме передбачає ця етична і соціально відповідальна дія фахівця? А) Таємне розголошення комерційної таємниці або продаж креслень свого підприємства конкурентам з метою особистого фінансового збагачення. Б) Етично обґрунтована, свідомо і захищена законом дія інженера з оприлюднення інформації про незаконні або критично небезпечні накази керівництва (наприклад, закупівля контрафактної сталі для мосту або масове ігнорування результатів дефектоскопії), які створюють пряму техногенну загрозу життю суспільства. В) Використання методів промислового шпигунства для захоплення нових ринків сбыту та дискредитації продукції конкурентів. Г) Свідоме псування заводського обладнання для отримання надурочних годин оплати на його подальший терміновий ремонт. **Відповідь: Б**

39. Концептуальна основа стратегії повоєнної відбудови зруйнованої інфраструктури України спирається на глобальний принцип «Build Back Better» (Відбудувати краще, ніж було). Як цей принцип практично реалізується у філософії сучасної цивільної інженерії та архітектури? А) Точне, сліпе копіювання і відновлення зруйнованих радянських бетонних панельних районів без жодних змін у плануванні заради максимального здешевлення робіт. Б) Відмова від застарілих норм на користь проєктування стійких до навантажень об'єктів подвійного призначення (із підземними укриттями), імплементація суворих європейських стандартів надійності (Eurocodes), застосування енергоефективних низьковуглецевих цементів та беззаперечне забезпечення 100% інклюзивного (безбар'єрного) простору для ветеранів і маломобільних груп. В) Повна заборона на використання вітчизняних будівельних матеріалів і перехід на імпорتنі технології складання тимчасового житла. Г) Масове будівництво тимчасових дерев'яних бараків з мінімальним строком експлуатації замість відновлення капітальних залізобетонних споруд. **Відповідь: Б**

40. У суворих польових умовах ремонту пошкодженої бойової техніки зварювальники стикаються з броньовими сталями, які мають високий вміст вуглецю та легуючих елементів. Чому спроба швидко заварити осколкову пробойну звичайними електродами на сильному морозі призведе до фатального випадання "латки" при першому ж динамічному ударі чи пострілі? А) Тому що броньова сталь є діелектриком і принципово не проводить електричний струм, необхідний для запалювання зварювальної дуги. Б) Виникає критична проблема утворення "холодних тріщин": різке охолодження розплавленого металу шва на масивній морозній броні створює колосальний температурний градієнт; виникають непереборні термомеханічні напруження, що миттєво розривають крихку структуру шва. Надійна технологія вимагає обов'язкового попереднього підігріву зони різ газувим пальником та використання спеціальних пластичних (аустенітних) електродів. В) Морозне повітря миттєво заморожує електричну дугу, не даючи металу електрода розплавитися і вступити в дифузію з основним металом. Г) Застраглі осколки всередині бронекорпусу випромінюють магнітне поле, що відхиляє плазму дуги і відштовхує розплавлений метал електрода.

Відповідь: Б

Блок 4.2: Множинний вибір (Multiple Choice)

У питаннях 41-45 оберіть усі правильні варіанти відповідей.

41. Створення парку надважких транспортних літаків (наприклад, Ан-124 «Руслан» та Ан-225 «Мрія») вимагало від конструкторів КБ «Антонов» розробки безпрецедентної багатоопорної кінематичної системи шасі. Які концептуальні інженерні завдання вирішувала ця складна просторова конструкція? (Оберіть декілька) А) Забезпечення можливості вертикального зльоту 600-тонного літака без необхідності розбігу по бетонній смузі. Б) Рівномірний розподіл колосального питомого тиску (величезної маси літака та корисного вантажу) на поверхню злітно-посадкової смуги завдяки використанню десятків незалежних гідропневматичних візків, що гарантувало збереження бетонного покриття аеродромів від руйнування. В) Реалізація інноваційного механізму кінематичного «присідання» передньої стійки шасі: шляхом складання важелів носова частина фюзеляжу опускалася до землі, перетворюючи відкидну вантажну рампу на ідеально пологий пандус для швидкого самохідного завантаження бронетехніки чи турбін. Г) Використання масивних гумових коліс як додаткових гіроскопічних турбін для створення тяги безпосередньо в повітрі.

Відповідь: Б, В

42. Перехід вітчизняного машинобудування до парадигми Індустрії 4.0 супроводжується масовим впровадженням 5-осьових оброблювальних центрів із ЧПК. Які фундаментальні технологічні переваги забезпечує ця багатоосьова цифрова кінематика порівняно з класичними механічними верстатами токарно-фрезерної групи? (Оберіть декілька) А) Повна ліквідація "людського фактора" (біологічної втоми, тремору рук, помилок візуального окоміру) під час виконання мікроскопічно точних і монотонних операцій різання металу. Б) Унікальна можливість механічної обробки найскладніших просторових поверхонь (наприклад, аеродинамічних лопаток турбін або біонічних кронштейнів) з одного базового встановлення; це виключає критичне накопичення похибок базування деталі, яке неминує виникло при її постійних перевстановленнях на різних верстатах. В) Абсолютна гарантія мікронної повторюваності геометричних розмірів кожної деталі в серійному виробництві завдяки бездоганному виконанню комп'ютерного G-коду прецизійними сервоприводами. Г) Здатність верстата самостійно видобувати залізну руду з кар'єру та плавити її в шпинделі для отримання необхідної заготовки. **Відповідь: А, Б, В**

43. Здійснюючи ремонтно-зварювальні роботи на сталевих конструкціях мостів або промислових естакад, пошкоджених вибуховою хвилею, інженери зобов'язані неухильно дотримуватися жорстких протоколів реставрації, закладених школою Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона. Які з наведених правил є обов'язковими для запобігання фатальному крихкому руйнуванню відновленого об'єкта? (Оберіть декілька) А) Категорична заборона на швидке зварювання "встик" рваних країв металу, деформованих відразу після вибуху, оскільки такий шов не матиме жодної пластичності. Б) Обов'язкове вирізання та повне фізичне видалення значної зони "хворого" металу навколо пробойни (який зазнав потужного шокового наклепу і насичений прихованими втомними

мікротріщинами) аж до ділянок зі збереженою нормальною кристалічною решіткою. В) Обов'язкове застосування процедур зняття залишкових внутрішніх напружень та локального попереднього підігріву масивних елементів для запобігання появі нових термічних тріщин під час усадки зварного шва. Г) Широке використання епоксидних клеїв для тимчасової фіксації несучих двотаврових балок перед їх остаточним заливанням бетоном. **Відповідь:** А, Б, В

44. У реальній професійній діяльності фахівець часто стикається з гострою морально-правовою дилемою, відомою як «Конфлікт економіки та статистики». Які небезпечні управлінські рішення інвесторів чи менеджменту, спрямовані на штучне здешевлення проєкту, є прямим порушенням інженерної етики і історично призводять до техногенних катастроф? (Оберіть декілька) А) Свідоме заниження розрахункових коефіцієнтів запасу міцності опорних конструкцій у САД-системах на догоду фінансовій економії на обсягах високолегованої сталі чи бетону. Б) Категорична відмова від фінансування та проведення обов'язкового інструментального контролю (ультразвукової або магнітопорошкової дефектоскопії) відповідальних зварних швів заради прискорення термінів здачі об'єкта в експлуатацію. В) Ігнорування температурних режимів гідратації бетону чи кристалізації металу (практика тоталітарної "штурмівщини") заради здачі об'єкта до визначеної політичної дати або свята. Г) Впровадження методів топологічної оптимізації для створення легших і раціональніших біонічних деталей на основі ретельних комп'ютерних розрахунків у системах САЕ. **Відповідь:** А, Б, В

45. Масова автоматизація зварювального виробництва в епоху Індустрії 4.0 перевела важку ручну ремісничу працю в площину високоточної прикладної фізики та програмування. Які технології та інновації забезпечують безпрецедентну надійність сучасних роботизованих зварювальних комплексів? (Оберіть декілька) А) Впровадження розумних систем адаптивного управління дугою та лазерного стеження за стиком (Laser Seam Tracking), які в реальному часі "бачать" термічне жолоблення (деформацію) крайок металу і миттєво коригують просторову траєкторію пальника. Б) Використання систем машинного зору для безперервного аналізу зварювальної ванни та автоматичного підлаштування сили струму, що практично виключає ризик непроварів кореня шва або пропікань тонкостінних елементів конструкції. В) Фізичне виведення людини-оператора із небезпечної зони виділення високотоксичних зварювальних аерозолів та жорсткого ультрафіолетового випромінювання, що радикально підвищує рівень гігієни праці та зберігає здоров'я інженера. Г) Програмування зварювальних роботів для виконання функцій навантажувачів металобрухту на складських територіях у нічні зміни для економії електроенергії. **Відповідь:** А, Б, В

Блок 4.3: Встановлення відповідності (Matching)

У питаннях 46-48 встановіть логічні пари.

46. Встановіть відповідність між інноваційним конструктивним рішенням, запровадженим в аерокосмічній галузі України, та фундаментальною фізико-механічною проблемою, яку воно успішно вирішує без використання "мертвої ваги":

1. Ізогريدна (вафельна) фрезерована оболонка паливних баків ракети-носія.
2. Концепція "безпечного руйнування" (Fail-Safe) із масовим використанням стрінгерів-стоперів.
3. Впровадження полімерних композитів (вуглепластиків) зі спрямованою, векторизованою укладкою волокон.

Варіанти:

А) Інженерне управління анізотропією матеріалу: програмування колосальної міцності на розтяг виключно вздовж ліній очікуваних експлуатаційних навантажень (наприклад, згину крила), що дозволяє економити масу там, де механічні напруження відсутні.

Б) Запобігання раптовому катастрофічному магістральному розриву фюзеляжу від втомних мікротріщин, що неминуче генеруються постійними циклічними перепадами тиску (роздуванням та стисканням кабіни) під час набору висоти та жорсткої посадки літака.

В) Надійний захист надтонких циліндричних алюмінієвих стінок від явища втрати пружної стійкості (поздовжнього "схлопування" чи зминання) під дією величезних осьових гравітаційних перевантажень, що виникають під час старту багатоступеневої ракети.

Відповідь: 1-В, 2-Б, 3-А

47. Встановіть відповідність між сучасним методом інженерної технічної експертизи (дефектоскопії) та його безпосереднім фізичним призначенням під час аудиту пошкоджених промислових чи будівельних конструкцій:

1. Ультразвукова дефектоскопія (УЗД) зварних з'єднань.
2. Магнітопорошковий метод неруйнівного контролю відповідальних деталей.
3. Портативна склерометрія (вимірювання твердості металу безпосередньо на будівельному майданчику).

Варіанти:

А) Миттєва оцінка незворотної термічної деградації сталевих несучих балок після масштабної пожежі (виявлення аномально хрупких мартенситних структур, що утворилися через хаотичне загартування металу під час його різкого гасіння холодною водою).

Б) Візуальна локалізація щільно стиснутих поверхневих та підповерхневих втомних мікротріщин (наприклад, на валах турбін) за рахунок ефекту викривлення магнітних силових ліній над дефектом і яскравого притягування феромагнітного порошкового індикатора.

В) Виявлення прихованих внутрішніх (глибинних) дефектів, небезпечних розшарувань металу і непроварів у товщі масивного зварного шва шляхом комп'ютерного аналізу часу відбиття високочастотних акустичних хвиль від межі середовищ.

Відповідь: 1-В, 2-Б, 3-А

48. Встановіть відповідність між етичним або сучасним технологічним терміном та його фундаментальною філософською сутністю у професійній діяльності інженера-механіка:

1. Цифровий двійник (Digital Twin) у системах автоматизованого проектування.
2. Викривальна діяльність (Whistleblowing) в індустріальному середовищі.
3. Синдром "Нормалізації відхилень" в експлуатації машинних систем.

Варіанти:

А) Беззаперечний моральний обов'язок та юридично захищене право технічного фахівця накласти "вето" на виробничий процес або оприлюднити незаконні накази керівництва (наприклад, приховування браку), щоб захистити життя людей від потенційної техногенної катастрофи.

Б) Високоточна віртуальна 3D-копія реального механізму в екосистемі CAD/CAE, наділена всіма фізичними властивостями матеріалів, що дозволяє інженерам проводити тисячі віртуальних краш-тестів та оптимізацій до моменту фрезерування першого реального шматка металу.

В) Надзвичайно руйнівний психологічний патерн на виробництві, при якому технічний персонал поступово звикає до систематичних дрібних аномалій (вібрацій, перегріву, підтікань), ігноруючи при цьому наростаюче невидиме втомне руйнування системи, що завжди передують магістральній аварії.

Відповідь: 1-Б, 2-А, 3-В

Блок 4.4: Встановлення послідовності (Sequence)

У питаннях 49-50 встановіть правильну послідовність.

49. Встановіть сувору еволюційну та технологічну послідовність наскрізного цифрового проектування і виробництва складної металевої деталі в сучасній парадигмі Індустрії 4.0 (від інтелектуальної ідеї до готового виробу):

1. Етап CAM (Computer-Aided Manufacturing): спеціалізований алгоритм автоматично розраховує оптимальну траєкторію руху фрези (Toolpath) з урахуванням жорсткості обраного верстата і генерує остаточний машинний код (G-code).
2. Етап CNC-обробки (ЧПК): багатоосьовий кіберфізичний фрезерний верстат отримує цифрову програму і з мікронною точністю автоматично виточує складну просторову деталь із цільної титанової заготовки без втручання людини.
3. Етап CAD (Computer-Aided Design): інженер-конструктор створює параметричну твердотільну математичну 3D-модель (цифрового двійника) майбутньої деталі, задаючи її базові геометричні характеристики та обсяги.
4. Етап CAE (Інженерний аналіз та симуляція): цифрова модель розбивається на сітку скінченних елементів (MCE), після чого комп'ютер піддає її віртуальним

експлуатаційним навантаженням, виявляючи концентратори напружень (червоні зони) для подальшої топологічної оптимізації форми та видалення "мертвої ваги".

Відповідь: 3 -> 4 -> 1 -> 2

50. Встановіть логічну (та етично бездоганну) послідовність ухвалення рішень інженером-механіком під час оцінки та підготовки до повоєнної відбудови сталевих несучого каркаса промислового об'єкта, який зазнав значних пошкоджень від вибуху та тривалої пожежі:

1. Створення інноваційної технологічної карти ремонту: проєктування дублюючих просторових опор, розробка жорстких режимів зварювання з обов'язковим попереднім локальним підігрівом зони різки та використання спеціальних пластичних електродів для уникнення зародження холодних тріщин.
2. Категорична відмова від візуальних ілюзій міцності: блокування небезпечних спроб комерційного керівництва просто "швидко вирівняти прогнуті балки потужними домкратами" (що викликало б руйнівні залишкові напруження) та офіційне призначення глибокої інструментальної технічної експертизи.
3. Проведення інструментального неруйнівного контролю (NDT): масове використання портативних твердомірів та ультразвукової дефектоскопії зварних швів для локалізації прихованих зон "шокового наклепу" та невидимих внутрішніх втомних розшарувань металу.
4. Технологічне вибракування та фізичний демонтаж: безжальне вирізання та видалення всіх тих ділянок сталевих балок і колон, які зазнали незворотної термічної деградації структури або вийшли за межі пластичності, незважаючи на жорсткі фінансові претензії інвесторів щодо вартості нового металу.

Відповідь: 2 -> 3 -> 4 -> 1