

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

Олександр СТРИЛЕЦЬ

« 28 » вересня 2026 р.

ПОГОДЖЕНО

Заступник директора з НДР

Сергій БОРДІЄНКО

Т.к. 02541409

АКАДЕМІЧНИЙ ГЛОСАРІЙ

НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ІСТОРІЯ ТА КУЛЬТУРА УКРАЇНИ»

Спеціальність: G9 Прикладна механіка

ВСТУП ДО ФАХОВОГО ГЛОСАРІЮ: НАВИЩО ІНЖЕНЕРУ-МЕХАНІКУ ІСТОРИЧНІ ТЕРМІНИ?

Сучасна прикладна механіка — це не лише формули, закони опору матеріалів та комп'ютерні системи CAD/CAE. Будь-який механізм, верстат чи транспортний засіб є відображенням епохи, її технологічного розвитку, економічних потреб та суспільних цінностей. Для здобувачів фахової передвищої освіти за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» вивчення історико-технічної термінології має глибоке професійне та світоглядне значення.

Специфіка вивчення дисципліни вимагає від майбутнього фахівця органічної інтеграції історико-культурного досвіду минулого (від перших ремісничих верстатів Київської Русі до інновацій аерокосмічної галузі) із конкретними технічними реаліями сучасного машинобудування та зварювального виробництва. Цей глосарій створений для того, щоб перекинути надійний міст між історією та сучасним фахом.

1. Еволюція інженерної думки та динаміки машин Історичні терміни є ключем до розуміння того, як наші попередники боролися з гравітацією, тертям та динамічними перевантаженнями. Вивчення понять «поліспаст», «цівкова передача», «маховик» чи «кривошипно-шатунний механізм» розкриває еволюцію кінематичних рішень — від емпіричного перетворення рухів до створення математично обґрунтованих теорій міцності та динаміки машин. Сучасний інженер, який розуміє механіку акумуляції енергії в доіндустріальних механізмах чи хвильову фізику втомного руйнування металу, здатний значно ефективніше мислити кінематичними категоріями та знаходити раціональні рішення для оптимізації обладнання.

2. Інституціоналізація професії та стандартизація якості Масове виробництво та механізація завжди виступали каталізаторами формування правових і технологічних стандартів. Аналіз таких явищ, як «цехове самоврядування зброярів», «клеювання» або впровадження «взаємозамінності деталей», дозволяє побачити, як розвиток мануфактур і заводів ставав матеріальним втіленням системи контролю якості та інженерної відповідальності. Перехід до серійного виробництва неминуче стимулював метрологію та стандартизацію, які сьогодні реалізуються в міжнародних нормах безпеки (ISO) та сертифікації матеріалів.

3. Етика технічної діяльності та уроки техногенних катастроф Аналіз термінології індустріальної епохи тоталітаризму (наприклад, «штурмівщина») та наслідків експлуатаційних аварій на транспорті й підприємствах є суворим уроком професійної моралі. Він яскраво демонструє, що ігнорування технологічних регламентів, порушення режимів зварювання чи штучне зниження розрахункових коефіцієнтів запасу міцності заради економічної або політичної вигоди завжди призводить до фатальних руйнувань конструкцій та загибелі людей. Це виховує усвідомлення того, що право інженера-механіка на застосування професійного «вето» та пріоритет людського життя є найвищими цінностями на виробництві.

4. Дефектоскопія та безпека експлуатації в екстремальних умовах Україна є державою з потужним важким машинобудуванням та інфраструктурою, яка нині зазнає безпрецедентних руйнувань. Розуміння специфічних термінів, таких як «ультразвукова дефектоскопія», «шоковий наклеп», «концентратор напружень» чи «втома матеріалів», є життєво необхідним інструментарієм для проведення фахової експертизи пошкоджених об'єктів. Цей словник закладає базу для розуміння методів неруйнівного контролю, необхідних для оцінки залишкового ресурсу машин і металоконструкцій.

5. Фундамент для сталого розвитку та Індустрії 4.0 Сьогодні, під час переходу до високотехнологічного виробництва та необхідності повоєнної відбудови, інженер-механік виступає як один із головних гарантів економічної безпеки держави. Здобувач повинен вміти екстраполювати історичні уроки на площину чинних технологічних викликів: комп'ютеризації (CAD/CAE/CAM), впровадження кіберфізичних систем, робототехніки та верстатів із ЧПК. Цей глосарій покликаний допомогти майбутнім фахівцям перетворювати глибинні знання з історії розвитку механіки на інноваційні, безпечні та етично обґрунтовані рішення для машинобудівної галузі України.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ВІД ПРОСТИХ МЕХАНІЗМІВ ДО СКЛАДНОЇ КІНЕМАТИКИ: ВИТОКИ ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ НА УКРАЇНСЬКИХ ЗЕМЛЯХ (ВІД АНТИЧНОСТІ ДО XV СТ.)

Тема 1.1. Основи статички та кінематики простих механізмів в античному будівництві

- **Похила площина (Пандус):** Простий механізм, що дозволяє піднімати вантаж, прикладаючи зусилля, значно менше за його вагу. Античні зодчі використовували земляні пандуси для переміщення мегалітів, компенсуючи зменшення зусилля пропорційним збільшенням пройденого шляху.
- **Важіль (першого роду):** Тверде тіло, що обертається навколо нерухомої опори. Прикладання зусилля робітника до довгого плеча бронзового чи залізного лома дозволяло створити колосальний момент сили на короткому плечі для ювелірного позиціонування багатотонних квадрів у сухій кладці.
- **Клин:** Різновид двосторонньої похилої площини, що трансформує поздовжнє ударне зусилля ковадла чи тиск від розбухання деревини водою у бічний тиск, здатний розколювати найщільніші кам'яні моноліти в каменоломнях.
- **Поліспаст:** Система, складена з рухомих і нерухомих шківів, огинutih канатом. Механізм дає кратний вииграш у силі, рівномірно розподіляючи масу вантажу між кількома паралельними гілками каната, що запобігає його розриву.
- **Ступальне колесо (Treadwheel):** Гігантське барабанне колесо (діаметром 4-6 метрів) підйомного крана, всередині якого крокували робітники. Завдяки великому діаметру колеса відносно малого діаметра вала намотування створювався потужний крутний момент (механічний редуктор).
- **Золоте правило механіки:** Емпірично відкритий закон збереження роботи, згідно з яким у скільки разів механізм дає вииграш у силі, у стільки ж разів відбувається програш у відстані.

Тема 1.2. Біомеханіка тяглової сили та транспортні засоби ранніх слов'ян

- **Ярмо (Шийна упряж):** Жорсткий дерев'яний механізм для парного запрягання волів, який передавав вектор сили тяги безпосередньо від масивної шиї до дишла. Забезпечував високий статичний крутний момент на низькій швидкості, але був неефективним для коня через перетискання трахеї при навантаженні.
- **Хомут (Плечова упряж):** Жорсткий овал із м'якою підкладкою, який спирається на лопатки та плечовий пояс коня. Зміщення вектора тяги з шиї на грудну клітку звільнило дихання тварини, дозволивши перетворити її кінетичну енергію та швидкість на максимальне тягове зусилля.
- **Тертя ковзання:** Фізичний опір поверхні, який використовувався у санях-волокушах. Завдяки великій площі контакту полозів знижувався питомий тиск на ґрунт, що дозволяло транспортувати вантажі болотами.
- **Тертя кочення:** Зменшений фізичний опір, впроваджений з винаходом колеса, який локалізував тертя ковзання виключно в зоні осі та маточини, радикально знизивши втрати енергії на твердих покриттях.
- **Колесо зі спицями:** Просторова конструкція, зібрана з маточини, пружних спиць (ясен або в'яз) та обода. Дозволила радикально зменшити масу (інерційність) колеса при збереженні здатності поглинати динамічні бокові удари від вибоїн.
- **Рало:** Найдавніше симетричне тяглове знаряддя, що діє як простий клин, здійснюючи двовимірну деформацію (розсування) верхнього шару ґрунту без його перевертання.
- **Відвальний плуг:** Складний асиметричний механізм із череслом, лемешем та відвалом. Гвинтова (лекальна) поверхня відвалу виконувала складну 3D-деформацію: підрізала ґрунт і закручувала пласт на 180 градусів, вимагаючи значної тягової сили, але забезпечуючи інтенсивне землеробство.

Тема 1.3. Принципи перетворення рухів у ремісничих механізмах Середньовіччя

- **Кінематична пара:** Рухоме з'єднання двох твердих тіл (наприклад, обертальна пара: вал у гнізді), що обмежує їхній відносний рух і є базовим елементом ремісничих механізмів.
- **Ножне гончарне коло:** Двоюрисна кінематична система з робочим диском угорі та масивним дерев'яним диском унизу, що розкручувався ногами гончара.

- **Маховик (Момент інерції):** Механічний акумулятор енергії, втілений у нижньому масивному диску гончарного кола або пряслиці свердла. Завдяки великій масі та радіусу ($I = m \cdot R^2$), він акумулював кінетичну енергію і долав в'язкий опір глини, згладжуючи поштовхи ніг і забезпечуючи рівномірне обертання шпинделя.
- **Опорний підшипник (П'ятник):** Вузол обертання важких вертикальних валів. Для зменшення тертя і запобігання займанню використовувалися вкладиші з ідеально відшліфованого каменю з лункою та тваринний жир (перехід до граничного рідинного мащення).
- **Лучковий привід:** Перша механічна гнучка трансмісія (тятвива лука, обмотана навколо осі), що перетворювала лінійний зворотно-поступальний рух руки на зворотно-обертовий рух заготовки у токарних і свердлильних верстатах.
- **Підручник:** Жорстка нерухома опора для різального інструмента (прототип супорта), яка дозволяла майстру спирати різець як важіль, точно дозуючи подачу та усуваючи вібрації при циклічному (переривчастому) різанні дерева або кістки.

Тема 1.4. Кінематика та балістика ранніх металевих машин в оборонній архітектурі

- **Торсіонний механізм:** Принцип дії дупорохової артилерії, заснований на накопиченні величезної потенційної енергії пружної деформації шляхом тугого скручування пучків тваринних жил або волоса за допомогою коловорота.
- **Баліста:** Двоплеча торсіонна машина, робота якої забезпечувала настільну (майже пряму) балістичну траєкторію з колосальною початковою швидкістю важких стріл або кам'яних ядер.
- **Онагр (Катапульта):** Одноплеча торсіонна машина, металевий важіль якої при спуску зупинявся екстремально жорстким ударом об поперечну стопорну балку, викидаючи снаряд по високій параболічній траєкторії.
- **Демпфування ударів:** Інженерне використання товстих шарів вовни, шкіри та повсті на стопорних балках катапульт для поглинання пікової кінетичної енергії (вібраційної віддачі) та запобігання крихкому руйнуванню дерев'яної рами.
- **Требуше (Фрондибола):** Гравітаційна облогова машина, що працювала як асиметричний важіль першого роду. Відмовившись від гіроскопічних торсіонів, інженери акумулювали потенційну енергію в піднятій масивній противазі (десятках тонн каменю).
- **Праща (Мультиплікатор швидкості):** Гнучкий шарнірний елемент на кінці довгого важеля требуше. У момент кидка створювала відцентрову силу, яка геометрично збільшувала радіус обертання і множила лінійну швидкість польоту надважкого снаряда.
- **Панцирна кладка:** Фортифікаційна архітектурна структура, що складалася з двох зовнішніх кам'яних стінок і пластичного земляного ядра (забутовки) між ними, яке діяло як природний демпфер для поглинання кінетичної енергії ядер і запобігання наскрізному розтріскуванню мурів.
- **Талюс та Гласіс:** Похилий укіс біля основи кам'яного муру (талюс), який змушував ядра рикошетити вгору з відхиленням кінетичної енергії, та пологий земляний насип перед ровом (гласіс) для захисту цоколя стіни від прямого наведення настільної артилерії.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. МЕХАНІКА РАНЬОМОДЕРНОЇ ДОБИ: ВІД ВІТРЯКІВ ДО ТОЧНИХ МЕХАНІЗМІВ (XVI – XVIII СТ.)

Тема 2.1. Прикладна механіка у млинарстві та енергоперетворення

- **Нижньобійне водяне колесо:** Гідравлічний двигун із прямими лопатями, що приводився в рух виключно кінетичною енергією вільного потоку (швидкістю течії річки) і характеризувався низьким коефіцієнтом корисної дії.
- **Верхньобійне водяне колесо:** Ковшове колесо, що працювало за рахунок потенційної енергії води (гідростатичного напору), яку акумулювали шляхом зведення земляних дамб і подачі потоку по лотку на вершину колеса.
- **Стовповий вітряк:** Найдавніша конструкція аеродинамічного двигуна, де вся масивна дерев'яна будівля млина (разом із механізмами) спиралася на один центральний дубовий стовп і поверталася назустріч вітру цілком за допомогою довгого важеля (води́ла).
- **Шатровий вітряк:** Еволюційна конструкція з нерухомою (стаціонарною) вежею, де назустріч вітру оберталася лише верхня рухома «шапка» з головним валом та крилами, що спиралася на роликовий вінець. Це дозволило збільшити площу крил і встановлювати кілька пар жорен.
- **Цівкова передача (Мультиплікатор):** Дерев'яний підвищувальний редуктор, що складався з великого ведучого палечного колеса та малої веденої цівкової шестірни. Забезпечував перетворення низькошвидкісного обертання головного вала на високошвидкісне обертання жорна за рахунок втрати крутного моменту.
- **Біоміметичний підбір матеріалів (Трибологія млинарства):** Емпіричне використання різних порід дерева залежно від типу навантажень. Для статичних валів використовували міцний дуб,

а тертьові деталі трансмісії (пальці та цівки) виточували зі щільного граба чи яблуні, природні смоли яких виконували функцію сухого твердого мастила, запобігаючи перегріванню.

Тема 2.2. Механізація козацьких зброярень, мануфактур та металообробка

- **Цех зброярів:** Інженерно-технічна саморегульовна корпорація в містах із Магдебурзьким правом, що функціонувала як система технічної стандартизації, захисту технологічного ноу-хау та ліцензування фахівців (від учня до майстра через створення еталонного "шедевра").
- **Клеймування виробів:** Нанесення особистого тавра майстра на деталь (наприклад, ствол мушкета або гармату), що діяло як ранній інститут контролю якості та встановлювало персональну відповідальність фахівця за надійність і безпеку зброї під час експлуатації.
- **Гамарня / Рудня:** Ранньомодерне мануфактурне підприємство (металургійне або ковальське), де ручну працю було механізовано за допомогою гідроприводу (енергії водяного колеса).
- **Кулачковий механізм:** Кінематична система перетворення безперервного обертового руху вала водяного колеса на потужний зворотно-поступальний рух. Виступи (кулачки) на головному валу по чергово натискали на хвостовики важелів, акумулюючи потенційну енергію молота перед ударом.
- **Механізація дуття:** Використання кулачкових валів для попереминого стискання величезних шкіряних міхів із поверненням за допомогою балансира. Це забезпечувало безперервний потік кисню під високим тиском у плавильні печі, різко підвищуючи температуру плавлення сталі та бронзи.
- **Свердління артилерійських стволів:** Технологічний перехід від виливання пустотілих гармат на глиняний сердечник (що спричиняло приховані дефекти і розриви від тиску порохових газів) до механізованого висвердлювання каналу в суцільнолитій металевій заготовці за допомогою гідроприводу, що гарантувало рівномірну товщину стінок.
- **Композитна міцність клинків:** Емпірична технологія ковальського зварювання пакетів сталі з різним вмістом вуглецю. Дозволяла поєднати м'яку серцевину (для гасіння вібрацій та запобігання крихкому зламу) із надтвердими лезами, що піддавалися цементації.

Тема 2.3. Годинникарство та еволюція точної (мікро) механіки

- **Точна механіка (Мікромеханіка):** Новий напрям інженерії, завданням якого було не генерування максимальної потужності, а жорстке обмеження енергії джерела з перетворенням її на дозовані, переривчасті та кінематично точні мікроімпульси.
- **Спусковий механізм (Ескапмент):** Кінематична пара, яка слугує регулятором ходу годинника, перетворюючи безперервний обертовий рух зубчастої трансмісії (колісної системи) на строго дискретний (кроковий) рух стрілок.
- **Шпіндельний спуск:** Найдавніший регулятор із коронним колесом та вертикальним валом із двома палетами. Мав критичний інженерний недолік — ефект "відкату", який змушував всю зубчасту передачу відкручуватися назад після удару зуба, генеруючи колосальне тертя ковзання і втрату точності.
- **Анкерний спуск:** Революційний плоский механізм з ходовим колесом і якірною вилкою (анкером), де зубці колеса плавно ковзають по похилих імпульсних площинах палет. Це ліквідувало "відкіт", радикально зменшило тертя і дозволило зменшити кут коливань регулятора.
- **Ізохронність коливань маятника:** Фізичний закон, за яким період коливання маятника при малих кутах розмаху залежить виключно від його довжини, а не від маси чи амплітуди. Маятник став ідеальним стабілізатором (здатчиком ритму), нівелюючи похибки та нерівномірне тертя у колісній трансмісії годинника.
- **Епіциклоїдальний профіль зуба:** Математично та геометрично розрахована форма зубців коліс, що замінила грубі прямокутні зуби і забезпечила ідеальне перекочування без тертя ковзання, підтримуючи постійне передаточне відношення.
- **Зубофрезерний пристрій та ділильний диск:** Перші прецизійні верстати, які замінили ручне випилювання деталей напилком. Ділильний диск гарантував абсолютну математичну точність кутів при нарізанні зубців на латунній заготовці, започаткувавши еру верстатобудування та допусків.

Тема 2.4. Транспортна механіка чумацької мажі та безресорна підвіска

- **Чумацька мажа:** Великовантажний доіндустріальний транспортний засіб, здатний перевозити до 1 тонни вантажу степовим бездоріжжям без використання сталевих ресор.
- **Принцип "гнучкого моноліту" (Гужви):** Відмова від жорстких залізних кріплень (болтів/цвяхів), які розбили б деревину від вібрацій, на користь дерев'яних шипів та сиром'ятної шкіри (гужвів). Шкіра стягувала деталі намертво при висиханні, але зберігала еластичність, працюючи як сайлентблок і поглинаючи кінетичну енергію ударів.

- **Конусоподібність колеса (Dishing) та Розвал (Camber):** Просторове інженерне рішення, де спиці монтувалися в маточину під кутом назовні, а кінці осі мали нахил донизу. При боковому крені воза на вибоїні найнижча спиця ставала вертикально до землі, приймаючи колосальне навантаження виключно на стиск (захищаючи колесо від зламу).
- **Гаряче шинування:** Термодинамічна технологія насаджування розпеченого залізного обруча на дерев'яний обід. При охолодженні водою метал різко стискався, з колосальною відцентровою силою вдавлюючи спиці в маточину та перетворюючи колесо на жорстку композитну конструкцію.
- **Емпіра згинальних моментів дерев'яної осі:** Емпіричний розрахунок балки на двох опорах, згідно з яким дубова вісь проєктувалася масивною і товстою по центру (де згинальний момент від ваги вантажу максимальний) і плавно звужувалася до країв (до цапф), формуючи профіль рівного опору.
- **Граничне нащеплення осі:** Використання густого березового дьогтю у вузлі тертя "вісь-маточина". Дьоготь не видавлювався під вагою в тонну, знижував коефіцієнт тертя ковзання, відводив тепло і захищав дерев'яну вісь від обвуглювання і спалаху.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ПРОМИСЛОВА РЕВОЛЮЦІЯ ТА РОЗКВІТ ДИНАМІКИ МАШИН (XIX – СЕРЕДИНА XX СТ.)

Тема 3.1. Впровадження парових машин та індустріалізація

- **Термодинамічний цикл (парової машини):** Процес перетворення хімічної енергії спаленого вугілля на теплову енергію пари під тиском, яка, адіабатно розширюючись у циліндрі, виконує механічну роботу.
- **Кривошипно-шатунний механізм (КШМ):** Просторова важільна система, призначена для перетворення лінійного зворотно-поступального руху поршня на безперервний обертальний рух головного вала.
- **«Мертва точка»:** Геометричне критичне положення КШМ, коли вісь поршня, шатун і центр кривошипа шикуються в одну пряму лінію, внаслідок чого тиск пари на поршень створює нульовий крутний момент і механізм заклинює.
- **Маховик (Акумулятор енергії):** Масивне чавунне колесо на головному валу, яке завдяки колосальному моменту інерції накопичує кінетичну енергію та за інерцією «протягує» механізм крізь мертві точки, згладжуючи нерівномірність обертання.
- **Золотниковий паророзподіл:** Механізм (клапанна коробка), який дозволяв машиністу швидко змінювати напрямок подачі пари в циліндр, здійснюючи миттєвий реверс (задній хід) без застосування складної зубчастої коробки передач.
- **Запобіжний клапан:** Автоматичний важільний пристрій механічного типу, розрахований на безпечний тиск, що стравлював надлишок пари з котла в атмосферу, запобігаючи його катастрофічним вибухам.
- **Технологічна інтеграція (Синергія):** Утворення на Донбасі замкненого термодинамічного циклу, де парові машини генерували дуття для виплавки сталі та відкачували воду з шахт, а виплавлена сталь і видобуте вугілля йшли на створення нових парових машин.

Тема 3.2. Теорія міцності та формування наукових шкіл прикладної механіки

- **Опір матеріалів:** Фундаментальна наука, перехід до якої дозволив інженерам відмовитися від "мертвої ваги" (багаторазового запасу міцності) і перейти до розрахунків на міцність, жорсткість та стійкість.
- **Теорія балок Тимошенка:** Новаторська концепція розрахунку, яка, на відміну від спрощених старезних теорій, врахувала деформації зсуву (перекосу волокон) та інерцію їх обертання при згині масивних і товстих балок.
- **Втрата пружної стійкості (Поздовжній згин):** Явище, при якому довга тонка колона раптово вигинається вбік і руйнується під дією осьового стискування, що є значно меншим за границю міцності металу.
- **Двотавровий профіль:** Рациональна форма перерізу, розроблена для подолання втрати стійкості, де вся маса металу концентрується на периферії (полицях), утворюючи максимальний опір вигину при мінімальній власній вазі балки.
- **Динаміка машин (Теорія коливань):** Науковий напрям, який розглядав деталі машин як пружні системи, схильні до руйнівного резонансу (накладання частоти збуджувальної сили на власну частоту деталі), та вимагав розрахунку критичних швидкостей роторів.

Тема 3.3. Сільськогосподарські машини та економіка масового виробництва

- **Взаємозамінність деталей:** Принцип масового серійного виробництва (на заводах Ельворті), коли деталі виготовлялися за еталонними лекалами (штампуванням чи литтям), що дозволило

відмовитися від ручного підганяння і зробило можливим швидкий польовий ремонт машини з каталогу.

- **Котушковий висівний апарат:** Механізм рядової сівалки, жорстко синхронізований через зубчасту трансмісію з обертанням опорного колеса, що забезпечувало математично точну відстань між насінинами в ґрунті незалежно від швидкості руху кінної упряжі.
- **Кривошипно-повзунковий механізм жатки:** Плоский механізм, який перетворював повільне обертання ходового колеса на швидкий високочастотний зворотно-поступальний рух ножової штаби (за принципом нескінченних ножиць).
- **Дерев'яний шатун (Амортизатор):** Використання пружного ясеня у кривошипному механізмі жатки для демпфування (поглинання) високочастотних вібрацій та захисту крихких чавунних шестерень від динамічних ударів.
- **Зрізний болт / Пружинний запобіжник:** Механізми розриву кінематичного ланцюга, які руйнувалися або відгиналися при зіткненні лемеша плуга з підземним каменем на швидкості, надійно захищаючи дорогу раму від скручування та деформації.
- **Цементация (Композитна міцність):** Технологія термічної обробки лемешів і ножів, що забезпечувала надтверду і зносостійку зовнішню поверхню (від абразивного тертя об ґрунт) за збереження в'язкої і пружної серцевини для поглинання ударів.

Тема 3.4. Норми безпеки транспорту, розрахунки на міцність та втома матеріалів

- **Втома металу:** Явище непомітного накопичення мікроскопічних дислокацій та тріщин у кристалічній решітці металу під дією багаторазових навантажень, яке призводить до раптового крихкого зламу деталі з гладкою блискучою поверхнею відриву.
- **Знакомінне навантаження:** Циклічний процес в обертових деталях (наприклад, вісь вагона), коли кожне волокно металу за один оберт постійно переходить із зони максимального стиснення в зону максимального розтягування.
- **Концентратор напружень:** Різкі зміни геометрії деталі (прямі внутрішні кути, подряпини, отвори), де скупчуються силові лінії напруження, викликаючи локальні пікові перевантаження і зародження втомної тріщини.
- **Галтель:** Плавне радіусне заокруглення в місцях переходу діаметрів металевого вала, яке дозволяє силовим лініям огинати звуження плавно, ліквідує зону концентрації напружень.
- **Динамічне балансування:** Встановлення масивних металевих противаг на ведучих колесах паротяга для врівноваження відцентрових сил кривошипної групи та запобігання руйнівному "галоупуванню" (підстрибуванню) локомотива на рейках.
- **Поздовжній згин судна (Перегин/Прогин):** Складна просторова деформація сталевих корпусу корабля на хвилях, що викликала критичні напруження розтягування та стискування в палубі й днищі. Для запобігання розриву обшивки корабели впроваджували потужні поздовжні стрингери.
- **Дефектоскопія та паспортизація:** Інституційні норми безпеки, що вимагали індивідуального обліку пробігу деталей та їх інструментальної перевірки (простукування, газові проби) для планового вибракування по досягненні межі втоми.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. СУЧАСНА ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА, РОБОТОТЕХНІКА ТА ІНЖЕНЕРНА ЕТИКА (ДРУГА ПОЛОВИНА ХХ СТ. – СЬОГОДЕННЯ)

Тема 4.1. Механіка екстремальних навантажень: аерокосмічна галузь (КБ «Антонов» та «Південмаш»)

- **Ізогريدна (вафельна) оболонка:** Метод створення сітки перехресних ребер жорсткості (ромбів чи трикутників) на надтонких стінках паливних баків ракет-носіїв шляхом фрезерування. Цей інтегральний просторовий каркас запобігає явищу втрати стійкості (змінанню) оболонки під час дії колосальних осьових навантажень при старті, не збільшуючи загальної маси.
- **Концепція безпечного руйнування (Fail-Safe Design):** Філософія проектування фюзеляжу літака з дублюванням критичних вузлів, що допускає виникнення втомної мікротріщини під час циклічного "роздування" кабіни, але гарантовано зупиняє її поширення на спеціальних підсилювальних стрічках (стоперах) до моменту планового ремонту.
- **Багатоопорна кінематика шасі:** Складна система колісних візків з незалежною гідропневматичною амортизацією, що дозволяє рівномірно розподілити колосальну масу надважких літаків (наприклад, 600 тонн Ан-225 "Мрія") на бетон. Стійки переднього шасі оснащені механізмом «присідання», що перетворює відкидну рампу носової частини на пологий пандус для самохідного завантаження техніки.
- **Анізотропія полімерних композитів (ПКМ):** Здатність "розумних" матеріалів (вуглепластиків) мати максимальну міцність лише вздовж напрямку укладання волокон.

Інженер укладає волокна в матриці виключно вздовж розрахункових векторів навантажень (наприклад, на згин крила), досягаючи фізично недосяжної для металів легкості.

- **Аерокосмічне зварювання:** Застосування автоматичного аргондугового та електронно-променевого зварювання для криогенних баків та титанових деталей замість заклепок. Утворює герметичні монолітні шви без внутрішніх концентраторів напружень, що зберігають пластичність при температурах рідкого кисню.

Тема 4.2. Індустрія 4.0, верстати з ЧПК та цифровізація механічних процесів

- **Кіберфізична система (CPS):** Інтеграція фізичного верстата з цифровим інтелектом та датчиками (вібрації, температури), що дозволяє механізму аналізувати стан металу в реальному часі та здійснювати превентивну (прогностичну) аналітику зносу підшипників чи різців для уникнення раптових аварій.
- **Системи ЧПК (CNC) та Багатоосьова обробка:** Верстати, рух яких (наприклад, по 5 осям свободи) здійснюється прецизійними сервомоторами та беззазорними кульово-гвинтовими передачами згідно з комп'ютерним G-кодом. Дозволяють виточувати монолітні просторові деталі біонічної форми без перевстановлення заготовки, ліквідуючи людський фактор і накопичення похибок.
- **Адаптивне управління зварювальною дугою:** Зворотний зв'язок у роботизованих комплексах (за допомогою лазерного стеження), що в реальному часі "бачить" термічне жолоблення металу і миттєво коригує траєкторію пальника та параметри струму, усуваючи ризик непроварів.
- **CAD (Computer-Aided Design):** Параметричне 3D-моделювання, де створення твердотілого цифрового двійника (Digital Twin) деталі дозволяє автоматично перераховувати її масу, моменти інерції та перевіряти кінематичні колізії (перетини) під час віртуальної збірки.
- **Метод скінченних елементів (MCE / FEA) у CAE-системах:** Математичний алгоритм систем інженерного аналізу, який розбиває складну 3D-модель на мільйони дрібних тетраєдрів для проведення віртуальних краш-тестів та виявлення невидимих концентраторів напружень до виготовлення металевого прототипу.
- **Топологічна оптимізація (Генеративний дизайн):** Комп'ютерний алгоритм, який аналізує шляхи передачі зусиль усередині деталі і автоматично "видаляє" матеріал із зон з нульовими напруженнями, перетворюючи деталь на легку ажурну (біонічну) структуру без втрати міцності та жорсткості.

Тема 4.3. Дефектоскопія та оцінка міцності пошкоджених конструкцій

- **Динамічний шок (Шоковий наклеп):** Імпульсне перевантаження від вибухової хвилі, яке спотворює кристалічну решітку металу, перетворюючи його на надтвердий, але вкрай крихкий (склоподібний) матеріал. Зварювання по рваному краю такого металу неминуче призводить до раптового відриву деталі.
- **Термічна деградація (Залишкові напруження):** Втрата металом границі текучості під час пожежі (що викликає пластичні прогини балок), а також утворення крихких мартенситних структур і колосальних внутрішніх напружень внаслідок раптового гасіння розпеченого каркаса водою.
- **Ультразвукова дефектоскопія (УЗД):** Метод неруйнівного інструментального контролю (NDT), який генерує високочастотну акустичну хвилю всередину товщі сталі, щоб по відбитій луні на осцилографі точно виявити приховані глибинні розшарування або мікротріщини в зварних швах після аварій.
- **Магнітопорошковий метод:** Спосіб візуалізації поверхневих втомних мікротріщин, заснований на тому, що магнітні силові лінії різко викривляються над дефектом намагніченої деталі, яскраво притягуючи до себе феромагнітний порошок.
- **Холодні тріщини (Польове зварювання броні):** Фатальний дефект, що виникає при зварюванні високолегованої броньової сталі без попереднього підігріву зони різку в польових умовах. Різка охолодження спричиняє термомеханічні напруження, що миттєво розривають крихкий шов, вимагаючи жорсткого температурного контролю та використання пластичних електродів.

Тема 4.4. Етика технічної діяльності та Кодекс честі інженера-механіка

- **Нормалізація відхилень:** Небезпечне психологічне явище при експлуатації машинних систем, коли персонал звикає до систематичних дрібних аномалій (наприклад, вібрацій чи підтікання мастила). Це ігнорування сигналів призводить до незворотного накопичення втомних пошкоджень у деталях і завершується раптовим магістральним розривом конструкції.
- **Конфлікт економіки та статистики:** Ситуація на етапі проектування або відбудови, коли під тиском інвесторів задля здешевлення штучно занижуються розрахункові коефіцієнти запасу

міцності або ігнорується проведення дефектоскопії, що перетворює машину на знаряддя катастрофи.

- **Етика технічної діяльності:** Прикладна філософія та звід моральних імперативів, що визначають абсолютний пріоритет безпеки і життя людей над швидкістю виконання робіт або фінансовими вимогами.
- **Право на "Вето" (Whistleblowing):** Моральний та юридично закріплений обов'язок інженера-механіка (як незалежного експерта) зупинити виробничий процес, відмовитися від підписання акту введення в експлуатацію або забракувати деградований метал, якщо виявлено критичні дефекти чи порушення норм надійності.
- **Build Back Better (Відбудувати краще, ніж було):** Сучасний принцип повоєнної відбудови, що зобов'язує інженера не сліпо копіювати зруйновані радянські стандарти, а проєктувати стійкі до навантажень об'єкти з урахуванням нових інноваційних матеріалів та концепцій подвійного призначення (наприклад, підземних захисних споруд).