

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ЗПО «ДІТК»

Олександр СТРИЛЕЦЬ

31.08.2025 р.

ПОГОДЖЕНО

Заступник директора з навчально-методичної роботи ЗПО «ДІТК»

Сергій ГОРДІЄНКО

31.08.2025 р.

РЕЄСТР ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ)

Рівень освіти: Фахова передвища освіта (ОПС «Фаховий молодший бакалавр»)

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма: «Зварювальне виробництво»

Контингент: Академічна група здобувачів освіти

Бази переддипломної практики: ПП "Висотпромсервіс" та ТОВ "НВП РІЧ"

БЛОК 1. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ БАЗИ ПП "ВИСОТПРОМСЕРВІС"

(Специфіка: виготовлення та монтаж важких будівельних металоконструкцій, мостових прогонів, балок; застосування автоматичного зварювання під флюсом SAW, механізованого зварювання MAG/FCAW, монтажних робіт на висоті).

Завдання № 1. Проєктування технологічного процесу складання та автоматичного зварювання підкранової двотаврової балки прольотом 12 метрів.

- **Загальна частина:** Аналіз умов експлуатації підкранових балок (циклічні динамічні навантаження, втома металу). Характеристика зварюваності низьколегованої сталі 09Г2С. Дослідження причин виникнення кутових деформацій (грибоподібності полиць) у діючому виробництві підприємства.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Обґрунтування застосування автоматичного зварювання під шаром флюсу (SAW) зварювальним трактором. Розрахунок параметрів режиму зварювання (сила струму, напруга дуги, швидкість подачі дроту, швидкість зварювання) для катета шва 10 мм. Проєктування порталного гідравлічного кондуктора для жорсткого базування і стягування поясів та стінки балки. Розробка циклограми накладання швів (симетрично-перехресний метод).
- **Контроль якості:** Розробка операційної карти 100% ультразвукового контролю (UT) поясних швів на виявлення внутрішніх непроварів згідно з нормами ISO.
- **Економічна частина:** Розрахунок штучно-калькуляційного часу на автоматичне зварювання. Калькуляція витрат на електроенергію, флюс (АН-348А) та зварювальний дріт (Св-08Г2С). Розрахунок заробітної плати оператора.
- **Охорона праці:** Розрахунок штучного освітлення цеху складання великогабаритних конструкцій та заходи захисту від флюсового пилу.
- **Графічний матеріал:** 1. Робоче креслення підкранової балки (А1). 2. Складально-зварювальний кондуктор (А1). 3. Схема постів автоматичного зварювання та маршрутна технологічна карта (А1).

Завдання № 2. Удосконалення технології виготовлення кроквяної ферми ФС-24 з парних куточків.

- **Загальна частина:** Аналіз конструктивних особливостей решітчастих конструкцій та розподілу напружень у вузлах. Характеристика вуглецевої сталі Ст3сп.

- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Перевірочний розрахунок на міцність зварних швів найбільш навантаженого опорного вузла ферми. Обґрунтування технологічного переходу з ручного дугового зварювання (MMA) на механізоване (MAG) в суміші газів ($80\% \text{ Ar} + 20\% \text{ CO}_2$). Проектування просторового складального плазми з фіксаторами для забезпечення будівельного підйому ферми.
- **Контроль якості:** Складання карти візуально-вимірювального контролю (ВВК). Визначення допустимих відхилень катетів швів та підрізів згідно зі стандартом ISO 5817 (рівень якості C).
- **Економічна частина:** Порівняльний економічний аналіз витрат на виробництво однієї ферми (MMA проти MAG). Розрахунок зниження собівартості.
- **Охорона праці:** Проектування системи місцевої витяжної вентиляції (поворотних панелей Черnobерезького) від зварювальних постів.
- **Графічний матеріал:** 1. Креслення кроквяної ферми (A1). 2. Деталювання опорного вузла та технологічне планування складального плазми (A1). 3. Таблиця порівняльних техніко-економічних показників (A1).

Завдання № 3. Проектування технологічного процесу механізованого зварювання порошковим дротом (FCAW) монтажних стиків колон.

- **Загальна частина:** Аналіз впливу вітрових навантажень та мінусових температур на якість монтажних зварних з'єднань на відкритому будівельному майданчику.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Обґрунтування вибору газозахисного порошкового дроту (рутилового типу). Розрахунок режимів зварювання для просторових положень PF (вертикальне знизу вгору) та PE (стельове). Розробка графіка попереднього газополум'яного підігріву стиків товщиною 30 мм до 120°C для запобігання кристалізаційним тріщинам.
- **Контроль якості:** Організація радіографічного контролю (RT) монтажних стиків у польових умовах імпульсними апаратами.
- **Економічна частина:** Розрахунок фонду оплати праці зварювальників-монтажників з урахуванням коефіцієнтів за висотні роботи.
- **Охорона праці:** Розробка жорсткого протоколу виконання вогневих робіт на висоті понад 5 метрів, вимоги до страхувальних систем позиціонування та пожежних екранів.
- **Графічний матеріал:** 1. Креслення монтажного стику колони з розробкою кромки (A1). 2. Схема організації робочого місця монтажника на висоті (A1). 3. Операційна карта зварювання (A1).

Завдання № 4. Оптимізація технології зварювання масивної опорної плити (бази) колони з товстолистової сталі.

- **Загальна частина:** Дослідження причин утворення холодних (водневих) тріщин у жорстких таврових з'єднаннях при зварюванні металу товщиною понад 40 мм.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Розробка технології багатопрхідного зварювання каскадним методом або методом "гірки" для забезпечення ефекту самовідпуску попередніх валиків. Розрахунок розмірів зварної ванни та вибір діаметра дроту. Розробка температурного графіка високого відпуску ($600\text{--}650^\circ\text{C}$) звареного вузла у термічній печі для зняття залишкових макронапружень.
- **Контроль якості:** Застосування магнітопорошкової дефектоскопії (MT) для виявлення поверхневих мікротріщин після термічної обробки.
- **Економічна частина:** Обчислення економічного ефекту (ROI) від зниження відсотка браку та подовження експлуатаційного ресурсу конструкції.
- **Охорона праці:** Електробезпека при роботі з обладнанням для термічної обробки.
- **Графічний матеріал:** 1. Креслення бази колони (A1). 2. Схема заповнення розробки кромки багатопрхідним швом (A1). 3. Графік термічної обробки (A1).

Завдання № 5. Модернізація технології виготовлення решітчастої щогли зв'язку із застосуванням обертових кондукторів.

- **Загальна частина:** Аналіз проблем складання просторових трубчастих конструкцій та впливу просторового положення шва на продуктивність зварювальника.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Конструювання спеціалізованого двостійкового обертового (роторного) кондуктора для жорсткої фіксації трубчастих елементів щогли. Розрахунок приводу обертання для забезпечення доступу до всіх вузлів виключно в нижньому положенні (РА). Вибір режимів напівавтоматичного зварювання (MAG).
- **Контроль якості:** Візуально-вимірювальний контроль вузлів примикання труб різних діаметрів.
- **Економічна частина:** Розрахунок зниження фонду оплати праці та цехових витрат за рахунок виключення необхідності використання мостових кранів для перекантування виробу.
- **Охорона праці:** Заходи з безпечної експлуатації обертових механізмів, захисні кожухи та системи екстреного гальмування кондуктора.
- **Графічний матеріал:** 1. Креслення секції щогли (A1). 2. Складальний обертовий кондуктор (A1). 3. Кінематична схема приводу (A1).

Завдання № 6. Проектування технології плазмового розкрою фасонних деталей на порталних машинах з ЧПК.

- **Загальна частина:** Порівняльний аналіз газополум'яного та плазмового різання. Характеристика сталі 10ХСНД.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Розробка алгоритму підготовки кромки на порталній машині плазмового різання з ЧПК. Складання карт нестингу (оптимального розкрою листа) з мінімізацією відходів. Розрахунок швидкості різання, робочого струму плазмотрона та тиску плазмоутворюючого газу (повітря) для металу товщиною 16-20 мм.
- **Взаємозамінність:** Оцінка точності плазмового різання, розрахунок ширини зони термічного впливу (ЗТВ) та обґрунтування допусків на зазори при подальшому складанні деталей.
- **Економічна частина:** Розрахунок собівартості 1 погонного метра плазмового різання (витрати на сопла, катоди, стиснене повітря та електроенергію).
- **Охорона праці:** Розробка інженерних заходів із захисту оператора від високочастотного аеродинамічного шуму (понад 100 дБ) та токсичних аерозолів (використання водоналивних столів).
- **Графічний матеріал:** 1. Карта нестингу розкрою листового металу (A1). 2. Схема організації робочого місця оператора ЧПК з вентиляцією (A1).

Завдання № 7. Організація ультразвукової дефектоскопії (УТ) стикових монтажних швів мостового прогону.

- **Загальна частина:** Фізичні основи поширення ультразвукових хвиль у металах. Класифікація внутрішніх дефектів.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Розробка детальної покрокової операційної інструкції для дефектоскопіста ЛНК. Опис процедури калібрування цифрового УЗ-дефектоскопа на еталонному блоці V1/V2. Розрахунок координат пошуку дефекту (\$X\$ та \$Y\$) при товщині металу 25 мм для похилого п'єзоелектричного перетворювача (ПЕП) з кутом вводу 60° та 70°.
- **Контроль якості:** Розробка кривої АРД (Амплітуда-Відстань-Діаметр) або DAC для оцінки еквівалентної площі виявленого несправу. Підготовка бланка офіційного протоколу (Report) контролю.
- **Економічна частина:** Розрахунок вартості проведення ультразвукового контролю одного стику порівняно з радіографією.

- **Охорона праці:** Ергономіка праці дефектоскопіста при роботі в незручних просторових положеннях.

- **Графічний матеріал:** 1. Схема прозвучування стикового шва прямим та відбитим променем (A1). 2. АРД-діаграми та протокол контролю (A1).

Завдання № 8. Механізація зварювання поздовжніх швів труб прямокутного перерізу (коробчастих колон).

- **Загальна частина:** Аналіз недоліків послідовного ручного зварювання довгомірних коробчастих перерізів (виникнення гвинтоподібної деформації).

- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Обґрунтування вибору зварювального порталу або маніпулятора колонного типу для одночасного симетричного зварювання двох паралельних швів двома зварювальними тракторами (SAW). Розрахунок режимів зварювання під флюсом. Розробка системи флюсоапарату (подачі та рекуперації невикористаного флюсу).

- **Контроль якості:** Механічний контроль геометрії короба на предмет скручування (гвинтоподібної деформації) після зварювання (вимірювання діагоналей).

- **Економічна частина:** Розрахунок терміну окупності (ROI) порталної установки порівняно з ручним накладанням швів.

- **Охорона праці:** Вимоги безпеки при обслуговуванні порталних машин (заземлення, кінцеві вимикачі).

- **Графічний матеріал:** 1. Креслення коробчастої колони (A1). 2. Кінематична схема порталної зварювальної машини (A1). 3. Циклограма одночасного зварювання (A1).

Завдання № 9. Економіко-технічне обґрунтування модернізації парку зварювального обладнання цеху металоконструкцій.

- **Загальна частина:** Аналіз впливу застарілого зварювального обладнання на якість швів, розбризкування металу та витрату електроенергії.

- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Виконання комплексного енергетичного аудиту цеху. Технічне обґрунтування заміни парку застарілих багатопостових випрямлячів (типу ВДМ) на сучасні інверторні джерела живлення з синергетичним управлінням та функцією корекції коефіцієнта потужності (PFC). Опис переваг синергетичного управління перенесенням краплі.

- **Контроль якості:** Аналіз зниження рівня мікродфектів (брызок, непроварів) при використанні інверторів.

- **Економічна частина:** Розрахунок економії електроенергії (у кВт-год та гривнях) на підприємстві за один рік. Розрахунок зниження втрат металу на розбризкування. Калькуляція загального економічного ефекту.

- **Охорона праці:** Оцінка зниження електромагнітного випромінювання та рівня шуму на робочому місці при використанні інверторів.

- **Графічний матеріал:** 1. Вольт-амперні характеристики старого та нового обладнання (A1). 2. Графіки порівняння енергоефективності та економічного ефекту (A1).

Завдання № 10. Розробка технології відновлювального ремонту зварних рам важкої будівельної техніки.

- **Загальна частина:** Аналіз причин руйнування несучих рам екскаваторів (втомні тріщини, концентратори напружень). Характеристика сталей з високим вуглецевим еквівалентом.

- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Розробка детального алгоритму ремонту. Опис технології повітряно-дугового стругання (ПДС) вугільним електродом для якісного видалення дефектного шва та тріщини. Розрахунок режимів ручного дугового зварювання (ММА) електродами з основним покриттям (УОНИ-13/55) з обов'язковим попереднім підігрівом деталі до 150°C. Опис техніки зварювання "відпалюючими валиками".

- **Контроль якості:** Складання інструкції з капілярного контролю (РТ) повноти видалення тріщини перед початком заварювання та після ремонту.
- **Економічна частина:** Розрахунок вартості проведення ремонтних робіт порівняно з виготовленням нової рами.
- **Охорона праці:** Захист органів дихання та зору від інтенсивного випромінювання та газів при повітряно-дуговому струганні (респіратори з примусовою подачею повітря).
- **Графічний матеріал:** 1. Карта дефектів рами (A1). 2. Технологічна послідовність ремонту та заварювання розробки (A1). 3. Схема ПДС (A1).

БЛОК 2. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ БАЗИ ТОВ "НВП РІЧ"

(Специфіка: прецизійне машинобудування, резервуари під тиском, теплообмінники, харчове/хімічне обладнання; тонкі листові метали, аустенітні нержавіючі сталі, алюміній; домінує TIG-зварювання, лазерне різання, зварювання тиском).

Завдання № 11. Розробка технологічного процесу аргонодугового зварювання (TIG) герметичного резервуара з аустенітної сталі AISI 304.

- **Загальна частина:** Аналіз металургійних властивостей нержавіючих хромонікелевих сталей типу 18-8. Фізика виникнення міжкристалітної корозії (МКК) та утворення карбідів хрому.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Обґрунтування застосування імпульсного режиму TIG-зварювання (Pulse TIG) для мінімізації погонної енергії та тепловкладення в тонкий метал товщиною 2 мм. Розрахунок сили базового та пікового струму, вибір марки лантанованого вольфрамового електрода (WL-20, Ø 2.4 мм) та легованого присадного дроту (ER 308L). Проектування системи локального піддуву інертного газу (аргону) всередину резервуара для захисту кореня шва від окислення (утворення "їжаків").
- **Контроль якості:** Розробка протоколу контролю герметичності резервуара (гідравлічні випробування водою під тиском).
- **Економічна частина:** Детальна калькуляція витрат на дорогі захисні гази (аргон вищого гатунку) та розрахунок загальної собівартості 1 метра готового шва.
- **Охорона праці:** Вимоги до вентиляції приміщень при роботі з аргонем (газ важчий за повітря, витісняє кисень).
- **Графічний матеріал:** 1. Креслення резервуара з нержавіючої сталі (A1). 2. Схема зварювального поста TIG з системою піддуву газу (A1). 3. Циклограма імпульсного струму (A1).

Завдання № 12. Проектування технології автоматичного орбітального зварювання (GTAW) трубних дощок теплообмінного апарата.

- **Загальна частина:** Аналіз недоліків ручного TIG-зварювання сотень однотипних стиків "труба-трубна решітка" (вплив людського фактору, нестабільність провару).
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Вибір та опис конструкції автоматичної орбітальної зварювальної головки закритого типу (без подачі присадного дроту). Розрахунок жорстких допусків на механічну підготовку торців труб (безззорне складання) перед зварюванням. Розробка циклограми: синхронізація швидкості обертання вольфрамового електрода навколо стику та зміни зварювального струму по 4-м секторам труби для компенсації гравітаційного стікання розплавленого металу.
- **Контроль якості:** Капілярний контроль (РТ) перших проходів зварних швів трубної решітки.
- **Економічна частина:** Розрахунок терміну окупності (ROI) системи автоматичного орбітального зварювання за рахунок різкого зниження відсотка браку та підвищення продуктивності.
- **Охорона праці:** Електробезпека при роботі з обладнанням, що використовує високочастотний (HF) підпал дуги.

- **Графічний матеріал:** 1. Креслення теплообмінника та вузла трубної дошки (A1). 2. Кінематична схема орбітальної зварювальної головки (A1). 3. Секторна циклограма зварювального струму (A1).

Завдання № 13. Удосконалення технологічного процесу контактного точкового зварювання (Spot Welding) тонколистового кожуха приладу.

- **Загальна частина:** Фізичні основи контактного зварювання. Аналіз теплового балансу в зоні контакту двох листів товщиною 1.5 + 1.5 мм.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Вибір стаціонарної машини контактного зварювання змінного струму або інверторного типу. Розрахунок оптимального діаметра контактної поверхні мідного електрода, зусилля стиснення пневмоциліндра (в даН) та тривалості імпульсу зварювального струму (в періодах мережі або мілісекундах). Розрахунок мінімально допустимого кроку між точками та відстані від точки до краю деталі для забезпечення міцності з'єднання на зріз і уникнення шунтування струму через сусідні точки.
- **Контроль якості:** Організація випробувань на відрив (руйнівний контроль) контрольних зразків для підтвердження розміру литого ядра точки.
- **Економічна частина:** Розрахунок витрат на електроенергію (великі імпульсні струми) та амортизацію мідних електродів.
- **Охорона праці:** Опис системи водяного охолодження трансформатора та електродів. Заходи захисту персоналу від сильних електромагнітних полів.
- **Графічний матеріал:** 1. Креслення кожуха із маркуванням зварних точок (A1). 2. Циклограма циклу точкового зварювання з проковуванням (A1). 3. Ескіз профілю мідного електрода (A1).

Завдання № 14. Механізація зварювання поздовжніх швів тонкостінних обичайок (труб) із застосуванням формуючих підкладок.

- **Загальна частина:** Проблема забезпечення стабільності провару та уникнення наскрізного пропалювання металу товщиною 1.5-2 мм під час зварювання поздовжніх швів.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Проектування спеціалізованого клавійного (клавійно-пневматичного) затискного пристосування для жорсткої фіксації кромки. Розробка конструкції мідної водоохолоджуваної підкладки з формуючою канавкою для отримання якісного зворотного валика шва. Обґрунтування режимів мікроплазмового або автоматичного TIG-зварювання зварювальною кареткою.
- **Контроль якості:** Організація 100% візуально-вимірювального контролю (ВВК) геометрії лицьового та зворотного валиків шва.
- **Економічна частина:** Розрахунок часу окупності складної клавійної установки за рахунок майже повного виключення браку (пропалів) та відмови від операції подальшого рихтування виробу.
- **Охорона праці:** Безпека роботи з пневматичними системами притиску (захист рук оператора).
- **Графічний матеріал:** 1. Креслення обичайки (A1). 2. Конструкція клавійно-пневматичного пристосування та мідної підкладки (A1). 3. Маршрутна карта виготовлення (A1).

Завдання № 15. Проектування технологічного процесу приварювання тонкостінних штуцерів до товстостінних фланців хімічного реактора методом TIG.

- **Загальна частина:** Теплофізична проблема з'єднання деталей з різною товщиною стінки (різний тепловідвід): небезпека миттєвого оплавлення тонкого штуцера при неповному проплавленні масивного фланця.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Розробка методики зварювання зі зміщенням дуги (вольфрамового електрода) на товстостінний фланець. Проектування масивних мідних

тепловідвідних цанг (оправок), які вставляються всередину тонкого штуцера для захисту його від проплавлення та перегріву. Розрахунок струму TIG-зварювання.

- **Контроль якості:** Запропонувати метод капілярного контролю (РТ) кутового шва у важкодоступному місці зсередини штуцера за допомогою ендоскопів.
- **Економічна частина:** Нормування допоміжного часу на встановлення та зняття мідних тепловідвідних цанг.
- **Охорона праці:** Ергономіка праці зварювальника при зварюванні малогабаритних кільцевих швів.
- **Графічний матеріал:** 1. Креслення вузла "штуцер-фланець" (A1). 2. Схема теплорозподілу та позиціонування дуги (A1). 3. Конструкція мідної тепловідвідної цанги (A1).

Завдання № 16. Організація радіографічного контролю (РТ) кільцевих швів посудин під тиском згідно з нормами ISO.

- **Загальна частина:** Фізичні основи рентгенівського випромінювання. Класифікація внутрішніх дефектів (пори, шлакові включення, вольфрамові включення) та їхній вплив на міцність резервуарів під тиском.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Розробка технологічної карти рентгенівського просвічування. Вибір напруги на рентгенівській трубці (кВ) залежно від радіаційної товщини сталі. Опис переваг переходу підприємства на цифрову радіографію (CR) з багаторазовими фосфорними пластинами замість хімічних плівок. Алгоритм роботи з дротяними еталонами чутливості (IQI) за EN ISO 19232-1.
- **Контроль якості:** Опис розшифровки цифрових радіограм на моніторі комп'ютера та встановлення рівня якості за ISO 5817.
- **Економічна частина:** Розрахунок економії витратних матеріалів (хімікатів для проявлення плівки) після впровадження цифрових фосфорних пластин.
- **Охорона праці:** Детальний розрахунок зони радіаційної безпеки (зони відчуження) при використанні імпульсних рентгенівських апаратів в умовах цеху. Порядок дозиметричного контролю персоналу ЛНК.
- **Графічний матеріал:** 1. Схема панорамного та фронтального просвічування кільцевого шва (A1). 2. Карта розрахунку радіаційної безпеки (A1). 3. Бланк протоколу РТ-контролю (A1). *(Примітка: Аналітичне завдання).*

Завдання № 17. Технологічне проєктування процесу високоточного гнуття листового металу на пресах з ЧПК як альтернативи зварюванню.

- **Загальна частина:** Аналіз впливу зварювальних напружень на деформацію тонколистових корпусів приладів. Обґрунтування концепції "DFA" (Design for Assembly) — зменшення кількості зварних швів.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Оптимізація конструкції: заміна 4-х зварних кутових з'єднань прямокутного корпусу на суцільногнуті профілі з одним замикаючим швом. Розрахунок зусилля кромкогнального преса, вибір радіуса пуансона та матриці. Розрахунок кута пружного пружинення для листа з нержавіючої сталі AISI 304 для забезпечення точності 90° після зняття навантаження.
- **Контроль якості:** Інструментальний контроль кутів та площинності деталі після гнуття.
- **Економічна частина:** Порівняльний фінансовий аналіз: порівняти сумарну вартість розкрою, складання і TIG-зварювання 4-х деталей із вартістю гнуття однієї цільної розгортки на пресі з ЧПК.
- **Охорона праці:** Вимоги безпеки (лазерні або фотоелектричні бар'єри) при роботі оператора на листозгинальних пресах.

- **Графічний матеріал:** 1. Креслення розгортки деталі та готового корпусу (A1). 2. Схема процесу гнуття (пуансон/матриця) (A1). 3. Порівняльна економічна діаграма (A1). *(Примітка: Конструкторсько-аналітичне завдання).*

Завдання № 18. Капілярна дефектоскопія (РТ) зварних з'єднань алюмінієвих паливних баків.

- **Загальна частина:** Специфіка контролю немагнітних матеріалів (алюмінієвих сплавів типу АМг). Фізичні основи капілярного ефекту (змочування та поверхневий натяг).
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Розробка операційної інструкції з капілярного контролю. Обґрунтування застосування флуоресцентних (світних) пенетрантів, які забезпечують вищий клас чутливості (виявлення мікротріщин до 1 мкм) порівняно з кольоровими (червоними) дефектоскопічними наборами. Опис часу пенетрації (Dwell time) та процедури нанесення проявника.
- **Контроль якості:** Оформлення протоколу виявлення та замальовки індикаторних слідів мікротріщин.
- **Економічна частина:** Калькуляція вартості витратних матеріалів (пенетрант, очисник, проявник) на 1 метр контрольованого шва.
- **Охорона праці:** Розробка заходів хімічної безпеки при роботі з леткими токсичними очисниками (ацетоном) та заходів захисту зору оператора при використанні інтенсивних ультрафіолетових (УФ) ламп в затемненій лабораторії.
- **Графічний матеріал:** 1. Схема етапів проведення капілярного контролю (A1). 2. Класифікація індикаторних слідів дефектів (A1).

Завдання № 19. Модернізація процесу напівавтоматичного зварювання (MIG) алюмінієвих рамних конструкцій.

- **Загальна частина:** Металургійні проблеми зварювання алюмінію: висока теплопровідність, наявність тугоплавкої оксидної плівки (\$Al_2O_3\$), схильність до водневої пористості.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Вирішення механічної проблеми зминання м'якого алюмінієвого дроту (АМг5) в механізмі подачі. Обґрунтування застосування пальників типу Push-Pull (з вбудованим тягнучим двигуном), тефлонових направляючих каналів та U-подібних подаючих роликів. Розрахунок режимів імпульсного MIG-зварювання (Pulse MIG) в середовищі високочистого аргону для забезпечення катодного очищення (руйнування оксидної плівки) та керованого перенесення краплі.
- **Контроль якості:** Радіографічний контроль для оцінки рівня водневої пористості у зварному шві.
- **Економічна частина:** Розрахунок збільшення продуктивності праці при переході з TIG-зварювання на імпульсне MIG-зварювання для алюмінієвих рам.
- **Охорона праці:** Захист від інтенсивного випромінювання дуги при зварюванні алюмінію (вимоги до ступеня затемнення світлофільтрів DIN 13-14).
- **Графічний матеріал:** 1. Креслення алюмінієвої рами (A1). 2. Схема системи подачі дроту Push-Pull (A1). 3. Осцилограма імпульсного MIG процесу (A1).

Завдання № 20. Впровадження ручного лазерного зварювання (Fiber Laser) для тонколистових декоративних конструкцій з нержавіючої сталі.

- **Загальна частина:** Аналіз проблеми сильного термічного короблення та втрати зовнішнього вигляду декоративних нержавіючих панелей (товщина 1-1.5 мм) при традиційному TIG-зварюванні.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Проведення технічного аудиту інноваційної технології. Опис будови та принципу дії ручної волоконної лазерної установки (потужністю 1.5 - 2.0 кВт) з функцією "wobble" (коливання променя). Теоретичне порівняння ширини зони термічного впливу (ЗТВ) та величини залишкових деформацій при лазерному зварюванні

порівняно з TIG. Розробка режимів лазерного зварювання (потужність випромінювання, швидкість ведення).

- **Контроль якості:** Візуальний контроль формування лицьового та зворотного валика шва. Вимоги до естетики декоративних конструкцій.
- **Економічна частина:** Розрахунок періоду окупності (ROI) дороговартісної лазерної установки за рахунок кардинального підвищення швидкості зварювання (в 4-5 разів), відсутності витрат на вольфрамові електроди та мінімізації витрат на фінішне полірування швів.
- **Охорона праці:** Опис критично важливих заходів безпеки: використання спеціалізованих лазерних захисних окулярів (відповідної довжини хвилі 1064 нм) для запобігання опікам сітківки ока, ізоляція робочої kabіни світлонепроникними екранами, захист шкіри від відбитого випромінювання.
- **Графічний матеріал:** 1. Креслення декоративної панелі (A1). 2. Схема будови оптичної головки лазерного апарата (A1). 3. Графік порівняння енерговкладення TIG та лазерного зварювання (A1).

Завдання № 21. Дослідження процесу хімічного травлення та пасивації зварних швів аустенітних сталей.

- **Загальна частина:** Металургійна проблема втрати корозійної стійкості нержавіючих сталей (AISI 304, AISI 316) після аргонодугового зварювання (TIG). Фізика утворення знехромленого шару та кольорової мінливості (окалини).
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Розробка технологічного регламенту хімічної обробки. Вибір оптимального складу травильної пасти (фтористоводнева HF + азотна HNO_3 кислота). Розрахунок часу витримки залежно від температури цеху. Опис процесу відновлення захисної оксидної плівки (пасивації).
- **Контроль якості:** Методики перевірки відновленого корозійностійкого шару (крапельні проби).
- **Економічна частина:** Розрахунок вартості хімічних реактивів на 100 метрів зварного шва порівняно з механічним поліруванням абразивами.
- **Охорона праці та екологія:** Розробка жорсткого протоколу хімічної безпеки персоналу (кислотостійкі костюми, респіратори, промивка очей). Проектування системи збору та нейтралізації кислотних змивних вод перед скиданням у каналізацію.
- **Графічний матеріал (формат A1):** 1. Блок-схема технологічного процесу обробки швів. 2. Схема ділянки травлення з вентиляцією та стоками. 3. Економічне обґрунтування.

Завдання № 22. Удосконалення технології запобігання втраті стійкості (хлопунам) при зварюванні обшивки резервуарів (товщина 1.5 мм).

- **Загальна частина:** Аналіз впливу залишкових зварювальних напружень стиснення на втрату стійкості тонких листів (утворення "хлопунів" та жолоблення).
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Розробка комплексної технології запобігання деформаціям: вибір жорсткої послідовності накладання швів (від центру до країв, зворотно-ступінчастим методом), використання мідних тепловідвідних підкладок для звуження зони термічного впливу. Розробка методики термічної правки (нагрівання точками газовим пальником з подальшим різким охолодженням) для усунення вже виниклих хлопунів.
- **Контроль якості:** Інструментальний контроль площинності обшивки за допомогою повірочних лінійок та щупів.
- **Економічна частина:** Оцінка зниження трудовитрат на рихтувальні роботи після впровадження нової послідовності зварювання.
- **Охорона праці:** Захист від опіків при виконанні термічної правки.

- **Графічний матеріал (формат A1):** 1. Креслення розгортки резервуара. 2. Схема послідовності виконання зварних швів. 3. Схема розподілу напружень та локалізації термічної правки.

Завдання № 23. Розробка технології високотемпературного паяння (Brazing) мідних трубних вузлів теплообмінників.

- **Загальна частина:** Фізичні основи капілярного паяння. Аналіз змочування, поверхневого натягу та дифузійних процесів на межі "мідь-припій".
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Розробка конструкції паяного з'єднання труб (розрахунок величини напруги та оптимального капілярного зазору в межах 0.05 - 0.15 мм для забезпечення максимальної міцності). Обґрунтування вибору твердого мідно-фосфорного (або срібного) припою. Розробка технології нагрівання багатополум'яним газовим пальником та вибір флюсу.
- **Контроль якості:** Гідравлічні або манометричні (пневматичні) випробування теплообмінника на герметичність.
- **Економічна частина:** Порівняльний аналіз вартості паяння срібними та мідно-фосфорними припоями.
- **Охорона праці:** Заходи з вентиляції для видалення високотоксичних парів флюсів та аерозолів цинку/кадмію (які можуть міститися у припоях).

- **Графічний матеріал (формат A1):** 1. Креслення трубного вузла. 2. Схема конструкції паяного з'єднання з мікроструктурою. 3. Технологічна карта паяння.

Завдання № 24. Проектування технології зварювання титанових сплавів у контрольованих інертних камерах (аргонових боксах).

- **Загальна частина:** Металургійні властивості титану. Аналіз критичної проблеми високої хімічної активності титану при температурах понад 400°C (взаємодія з киснем, азотом та воднем, що призводить до катастрофічного окрихчення).
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Проектування спеціалізованого обладнання — інертної камери (Glovebox) для TIG-зварювання невеликих титанових деталей. Розробка процедури вакуумування та заповнення камери аргонем високої чистоти (99.99%). Розрахунок режимів зварювання.
- **Контроль якості:** Розробка методики візуального контролю якості газового захисту за кольором мінливості шва (від сріблястого — ідеально, до синього/сірого — брак).
- **Економічна частина:** Калькуляція надвисоких витрат на інертні гази та обладнання, розрахунок собівартості титанового виробу.
- **Охорона праці:** Оцінка ризиків роботи з аргонем в замкнених просторах (ризик асфіксії при витоку газу).

- **Графічний матеріал (формат A1):** 1. Креслення титанового вузла. 2. Конструкція інертної зварювальної камери. 3. Таблиця кольорів мінливості титану та якості захисту.

Завдання № 25. Аналіз причин утворення вольфрамових включень при TIG-зварюванні та оптимізація підпалу дуги.

- **Загальна частина:** Фізика вольфрамової дуги. Опис проблеми потрапляння частинок вольфраму у зварну ванну, що створюють концентратори напружень та є неприпустимим дефектом для резервуарів під тиском.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Розробка жорсткого технологічного регламенту підготовки неплавких електродів (правильний кут заточування, виключно поздовжнє шліфування на алмазних дисках). Технічне обґрунтування застосування осцилятора для безконтактного високочастотного підпалу дуги (HF Ignition) замість контактної способу (Scratch/Lift-TIG).
- **Контроль якості:** Демонстрація на радіографічних (RT) знімках різниці між вольфрамовими включеннями (світлі плями високої щільності) та порами (темні плями).

- **Економічна частина:** Оцінка зниження витрат на виправлення (вирубівання) бракованих швів.
- **Охорона праці:** Заміна радіоактивних торійованих електродів (WT-20) на безпечні лантановані (WL-20). Захист від радіоактивного пилу при заточуванні старих електродів.
- **Графічний матеріал (формат A1):** 1. Геометрія заточування вольфрамового електрода та її вплив на провар. 2. Принципова схема високочастотного (HF) підпалу дуги. 3. Радіограми типових дефектів.

Завдання № 26. Проектування технології лазерного зварювання (Fiber Laser) тонколистових декоративних панелей з нержавіючої сталі.

- **Загальна частина:** Аналіз проблеми сильного термічного короблення та втрати естетичного зовнішнього вигляду декоративних нержавіючих панелей (товщина 1-1.5 мм) при традиційному TIG-зварюванні.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Проведення інженерного аудиту технології. Опис будови ручної волоконної лазерної установки (потужністю 1.5 - 2.0 кВт) з функцією "wobble" (коливання променя). Теоретичне порівняння ширини зони термічного впливу (ЗТВ) та величини залишкових деформацій при лазерному зварюванні порівняно з TIG. Розробка режимів лазерного зварювання.
- **Контроль якості:** Візуальний контроль формування лицьового та зворотного валика шва. Специфічні вимоги до естетики декоративних конструкцій.
- **Економічна частина:** Розрахунок періоду окупності (ROI) дороговартісної лазерної установки за рахунок кардинального підвищення швидкості зварювання та відсутності витрат на подальше фінішне полірування швів.
- **Охорона праці:** Опис критично важливих заходів лазерної безпеки (використання спеціалізованих захисних окулярів для довжини хвилі 1064 нм, ізоляція робочої kabіни світлонепроникними екранами).
- **Графічний матеріал (формат A1):** 1. Креслення декоративної панелі. 2. Схема будови оптичної головки лазерного апарата. 3. Графік порівняння енерговкладення TIG та лазерного зварювання.

Завдання № 27. Проектування технології мікроплазмового зварювання (PAW) тонкостінних нержавіючих труб та оболонок.

- **Загальна частина:** Порівняльний аналіз фізичних властивостей вільної дуги (TIG) та стисненої плазмової дуги. Аналіз переваг плазмового зварювання для надтонких металів (0.5 - 1.5 мм): кинджальне проплавлення, висока стабільність просторового положення дуги, нечутливість до коливань довжини дуги.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Розробка операційної карти мікроплазмового зварювання стикових швів без розробки кромки. Вибір співвідношення витрат плазмоутворюючого та захисного газів (чистий аргон або суміш аргону з воднем). Обґрунтування вибору діаметра сопла плазмотрона. Опис ефекту зварювання "зануреною дугою" (keyhole mode) для металів товщиною понад 3 мм та алгоритму заварювання кратера.
- **Контроль якості:** Розробка методики візуально-вимірювального контролю (ВВК) на предмет виявлення мікропропікань, підрізів та оцінки рівномірності зворотного валика шва.
- **Економічна частина:** Розрахунок собівартості плазмового зварювання порівняно з традиційним TIG (з урахуванням вартості плазмотронів, спеціалізованих вольфрамових електродів та змішувачів газів).
- **Охорона праці:** Інженерні рішення щодо захисту зору оператора від інтенсивного ультрафіолетового випромінювання плазми та захисту органів слуху від високочастотного аеродинамічного шуму плазмового струменя.

- **Графічний матеріал (формат A1):** 1. Схема будови плазмотрона та процесів у дузі. 2. Графік залежності форми шва від швидкості потоку плазмоутворюючого газу. 3. Креслення зварного тонкостінного вузла.

Завдання № 28. Розробка технології зварювання різнорідних металів (мідь з аустенітною сталлю) для теплообмінного обладнання.

- **Загальна частина:** Металургійні проблеми з'єднання різнорідних металів. Аналіз суттєвої різниці коефіцієнтів лінійного теплового розширення, температур плавлення та теплопровідності міді й сталі. Дослідження фізики утворення крихких інтерметалідних фаз на межі сплавлення, що призводять до експлуатаційних тріщин.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Обґрунтування застосування технології дугового паяння (MIG Brazing) або TIG-зварювання з жорстким контролем зміщення дуги. Вибір спеціалізованого присадного матеріалу (наприклад, кремнієвої бронзи CuSi3 або спеціальних мідно-нікелевих сплавів). Розрахунок режимів нагрівання та кута нахилу пальника для запобігання надмірному розплавленню нержавіючої сталі (мінімізація частки участі сталі у зварній ванні).
- **Контроль якості:** Організація випробувань біметалевого теплообмінника на герметичність манометричним методом або за допомогою гелієвого мас-спектрометричного шукача теч.
- **Економічна частина:** Калькуляція витрат на спеціалізовані бронзові присадні матеріали порівняно з економічними збитками від передчасного руйнування обладнання через корозію або втому металу при класичному зварюванні.
- **Охорона праці:** Проектування систем високоефективної місцевої витяжної вентиляції для видалення високотоксичних парів міді та легуючих елементів (наприклад, цинку), профілактика гострої інтоксикації ("мідної лихоманки").

- **Графічний матеріал (формат A1):** 1. Креслення біметалевого вузла з'єднання "мідь-сталь". 2. Схема теплорозподілу та позиціонування вольфрамового електрода. 3. Діаграма стану "Залізо-Мідь" (спрощена ілюстрація металургійних процесів).

Завдання № 29. Впровадження системи автоматичного відстеження стику (Seam Tracking) при зварюванні криволінійних некруглих ємностей.

- **Загальна частина:** Аналіз проблеми автоматизації зварювання криволінійних швів. Дослідження похибок механічного складання та термічних деформацій тонколистових деталей у процесі нагрівання, що неминуче призводять до відхилення дуги від геометричної осі стику та утворення непроварів.
- **Індивідуальна (спеціальна) частина:** Вибір та системна інтеграція лазерного оптичного або тактильного (щупового) датчика відстеження шва з автоматизованим зварювальним трактором (кареткою) для TIG-зварювання. Розробка алгоритму коригування положення зварювального пальника по осях X (поперек шва) та Y (висота дуги) за допомогою моторизованих супортів у режимі реального часу. Опис налаштування чутливості датчика залежно від ширини зазору та типу з'єднання.
- **Контроль якості:** Оперативний комп'ютерний моніторинг геометрії шва (ширини та висоти посилення) за допомогою вбудованих лазерних профілометрів (сканерів) безпосередньо під час зварювання.
- **Економічна частина:** Розрахунок терміну окупності (ROI) інтелектуальної системи Seam Tracking за рахунок кардинального зниження відсотка браку (відсутності непроварів через схід дуги зі стику) та виключення ручної праці оператора-коригувальника.
- **Охорона праці:** Вимоги безпечної експлуатації автоматизованих роботизованих систем з рухомими каретками (захист персоналу від затискання механізмами, встановлення світлових бар'єрів та кнопок аварійної зупинки E-Stop).

- **Графічний матеріал (формат A1):** 1. Креслення некруглої ємності з просторовим криволінійним швом. 2. Принципова блок-схема роботи системи лазерного відстеження стику. 3. Алгоритм зворотного зв'язку та керування сервоприводами каретки