

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.

РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА (СИЛАБУС)

освітнього компонента «ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ»

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

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма: «Зварювальне виробництво» (Welding production)

РОЗДІЛ 1. ОПИС ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА (ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ)

Дисципліна «Технологічне устаткування» є фундаментальним нормативним освітнім компонентом циклу професійної та практичної підготовки, який формує інженерно-технічний базис фахового молодшого бакалавра. Вивчення дисципліни орієнтоване на глибоке засвоєння принципів роботи, кінематики, налагодження та експлуатації сучасного механоскладального, зварювального та допоміжного обладнання, що експлуатується на передових підприємствах машинобудівної галузі.

Параметри освітнього компонента	Характеристика та обсяг
Загальна кількість годин	90 годин
Кількість кредитів ЄКТС	3,0 кредити
Семестр викладання	3-й семестр
Аудиторна (контактна) робота	56 годин
– з них <i>Лекційні заняття</i>	<i>16 годин</i>
– з них <i>Практичні заняття</i>	<i>40 годин</i>
Самостійна робота здобувача (СРС)	34 години
Форма підсумкового контролю	Диференційований залік
Мова викладання	Українська

РОЗДІЛ 2. МЕТА ТА СТРАТЕГІЧНІ ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Стратегічна мета

Метою викладання дисципліни є формування у здобувачів фахової передвищої освіти системи теоретичних знань і міцних практичних навичок з будови, принципу дії, вибору, безпечної експлуатації та базового діагностування сучасного технологічного устаткування зварювального виробництва. Курс спрямований на підготовку фахівця, здатного інтегрувати технологічні процеси складання і зварювання з відповідним апаратним та механічним забезпеченням, включаючи автоматизовані системи та робототехнічні комплекси (РТК).

2.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

1. **Техніко-аналітичне:** Засвоєння принципів перетворення електричної енергії у джерелах живлення зварювальної дуги (від класичних трансформаторів до сучасних інверторних систем із синергетичним управлінням).

2. **Інженерно-конструкторське:** Вивчення кінематики та будови механічного і допоміжного обладнання (складальні кондуктори, кантувачі, маніпулятори, роликові стенди) для просторового позиціонування масивних деталей.

3. **Експлуатаційно-діагностичне:** Формування вмінь розраховувати та вибрати оптимальне обладнання згідно з технологічною картою (WPS), здійснювати його первинне налагодження та діагностику базових несправностей.

4. **Ергономічне та безпекове (Trauma-Informed Approach):** Забезпечення глибокого розуміння принципів безпечної роботи з високовольтним, пневматичним та гідравлічним устаткуванням. Створення безпечного, передбачуваного та екологічного робочого середовища, мінімізація акустичного та електромагнітного стресу на робочому місці (зокрема для фахівців із числа ветеранів, що проходять адаптацію на виробництві).

РОЗДІЛ 3. ПРЕРЕКВІЗИТИ ТА ПОСТРЕКВІЗИТИ (МІЖДИСЦИПЛІНАРНА ІНТЕГРАЦІЯ)

Навчальна дисципліна «Технологічне устаткування» має потужні структурно-логічні зв'язки у навчальному плані та є сполучною ланкою між загальноінженерними основами і спеціалізованими технологіями.

3.1. Пререквізити (базові дисципліни):

Для успішного засвоєння курсу здобувач повинен володіти знаннями, отриманими під час вивчення таких компонентів:

- *Основи електротехніки та електроніки* (розуміння роботи напівпровідників, тиристорів, транзисторів IGBT, трансформації струму).
- *Технічна механіка* (розуміння кінематичних схем, передавальних відношень редукторів, розрахунку зусиль пневмоциліндрів).
- *Матеріалознавство* (вплив джерела теплоти на структуру металу).
- *Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання* (допуски на збирання, робота з вимірювальними приладами).

3.2. Постреквізити (дисципліни, що базуються на цьому курсі):

Знання з «Технологічного устаткування» є критично необхідними для подальшого вивчення та проходження таких етапів:

- *Технологічні основи зварювання плавленням.*
- *Виготовлення зварних конструкцій.*
- *Економіка і організація зварювального виробництва* (розрахунок амортизації, енергоспоживання, вибір обладнання за техніко-економічними показниками).
- *Технологічна та Переддипломна практика.*
- *Виконання кваліфікаційної роботи (дипломного проєкту)* — формування «Спеціальної (індивідуальної) частини» та графічних матеріалів (креслення кондукторів, апаратних схем).

РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ ТА ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до Національної рамки кваліфікацій (НРК) для рівня фахового молодшого бакалавра, вивчення дисципліни «Технологічне устаткування» формує наступний комплекс компетентностей.

4.1. Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати типові спеціалізовані задачі та вирішувати практичні інженерні проблеми у сфері машинобудування та зварювального виробництва, що передбачає вибір, налагодження та експлуатацію технологічного устаткування в умовах комплексної механізації та автоматизації.

4.2. Загальні компетентності (ЗК):

- **ЗК 1.** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу технічної інформації (читання принципів електричних та кінематичних схем).
- **ЗК 2.** Здатність застосовувати теоретичні знання у практичних виробничих ситуаціях (Troubleshooting обладнання).

- **ЗК 3.** Здатність працювати автономно та приймати обґрунтовані рішення щодо безпечної експлуатації машин і механізмів.

- **ЗК 4.** Здатність використовувати інформаційні технології для пошуку паспортних даних, інструкцій та оновлень програмного забезпечення для зварювальних інверторів та ЧПК.

4.3. Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):

- **СК 1.** Здатність класифікувати, підбирати та розраховувати параметри джерел живлення зварювальної дуги залежно від заданого технологічного процесу (MMA, MIG/MAG, TIG, SAW).

- **СК 2.** Здатність проєктувати та обирати складально-зварювальне оснащення (універсальне, спеціалізоване, пневматичне, гідравлічне) для забезпечення просторової точності металоконструкцій.

- **СК 3.** Здатність експлуатувати засоби комплексної механізації: зварювальні маніпулятори, кантувачі, роликові стенди, колони та портали.

- **СК 4.** Здатність розробляти алгоритми обслуговування автоматизованих систем та роботизованих зварювальних комплексів (РТК), включаючи програмування траєкторії руху пальника.

- **СК 5.** Здатність забезпечувати жорстке дотримання вимог охорони праці, електробезпеки та ергономіки при роботі з технологічним устаткуванням.

4.4. Програмні результати навчання (ПРН):

Після успішного завершення курсу здобувач буде **знати**:

- Будову, принцип дії та зовнішні вольт-амперні характеристики (ЗВАХ) трансформаторів, випрямлячів, генераторів та інверторних перетворювачів.

- Кінематичні схеми механізмів подачі дроту та зварювальних автоматів (тракторів).

- Конструктивні особливості машин для контактного (точкового, шовного, стикового) зварювання.

- Принципи будови механоскладального обладнання.

Після успішного завершення курсу здобувач буде **вміти**:

- Виконувати розрахунок і підбір технологічного устаткування за параметрами робочого струму, тривалості включення (ТВ/ПВ) та енергоефективності.

- Здійснювати базове підключення, фазування та налаштування синергетичних параметрів сучасних інверторних систем.

- Читати кінематичні та електричні схеми зварювальних апаратів.

- Розраховувати необхідні зусилля затискних елементів кондукторів.

РОЗДІЛ 5. СТРУКТУРА ТА ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН АУДИТОРНОЇ ЛЕКЦІЙНОЇ РОБОТИ (16 ГОДИН)

Лекційний курс становить 16 годин (8 лекцій по 2 академічні години) і формує інтенсивний теоретичний фундамент, який негайно закріплюється на практичних заняттях. Матеріал розподілено за принципом ускладнення технологій: від базових джерел живлення до інтелектуальних робототехнічних комплексів.

Лекція 1. Вступ. Загальна класифікація та вимоги до джерел живлення зварювальної дуги (2 години)

- Предмет і завдання курсу «Технологічне устаткування». Роль механізації та автоматизації у сучасному машинобудуванні.

- Електричні параметри зварювальної дуги. Поняття зовнішньої вольт-амперної характеристики (ЗВАХ) джерела живлення: падаюча, жорстка, зростаюча. Відповідність ЗВАХ технологічному процесу (MMA, MIG/MAG).

- Режим роботи устаткування: тривалість включення (ТВ) та тривалість навантаження (ТН).

- Зварювальні трансформатори: принцип дії, способи регулювання зварювального струму (магнітне розсіяння, рухомі обмотки, дроселі).

Лекція 2. Зварювальні випрямлячі та генератори (2 години)

- Переваги зварювання на постійному струмі. Вплив полярності на тепловкладення.
- Принципова схема зварювального випрямляча. Блоки силових діодів та тиристорів. Однофазні та трифазні схеми випрямлення.
- Випрямлячі універсального типу та багатопостові зварювальні системи (баластні реостати).
- Зварювальні перетворювачі та агрегати (генератори з двигунами внутрішнього згоряння) для автономної роботи в польових/монтажних умовах.

Лекція 3. Інверторні технології та синергетичне управління (2 години)

- Принцип подвійного перетворення енергії. Будова сучасного зварювального інвертора (випрямляч, фільтр, високочастотний транзисторний блок IGBT/MOSFET, високочастотний трансформатор).
- Переваги інверторів: масогабаритні показники, енергоефективність (корекція коефіцієнта потужності PFC), ідеальна динаміка дуги.
- Мікропроцесорне (синергетичне) управління: сутність синергетики (одна ручка керування). Вбудовані алгоритми адаптації до змін вильоту дроту та просторового положення.
- Спеціалізовані імпульсні режими (Pulse, Double Pulse) для керування тепловкладенням та перенесенням краплі.

Лекція 4. Устаткування для механізованого зварювання в захисних газах (MIG/MAG) (2 години)

- Комплектація зварювального напіваавтомата: джерело живлення (жорстка ЗВАХ), механізм подачі дроту, газове господарство, пальник.
- Типи подаючих механізмів: штовхаючого, тягнучого (Push-Pull) та комбінованого типу. Кінематика дво- та чотирироликів редуکتів.
- Особливості роликів та направляючих каналів для сталевих, алюмінієвих та порошкових дротів.
- Зварювальні пальники: конструкція, системи повітряного та рідинного (водяного) охолодження. Блоки автономного охолодження (кулери).

Лекція 5. Устаткування для зварювання неплавким електродом (TIG) та мікроплазмового зварювання (2 години)

- Специфіка устаткування для TIG-зварювання. Джерела живлення з крутопадаючою ЗВАХ.
- Системи безконтактного підпалу дуги: високочастотні осцилятори (HF Ignition).
- Особливості устаткування для TIG-зварювання змінного струму (AC) для алюмінієвих сплавів. Баланс полярності та його вплив на катодне очищення і проплавлення.
- Плазмотрони: конструкція, сопла, системи роздільної подачі плазмоутворюючого та захисного газу. Обладнання для плазмового різання металів.

Лекція 6. Автоматичне устаткування для дугового зварювання під флюсом (SAW) (2 години)

- Комплекс обладнання для SAW-зварювання: зварювальні трактори та підвісні автомати (головки).
- Кінематика самохідного зварювального трактора. Механізми переміщення візка, подачі дроту, системи вертикального та горизонтального коригування мундштука.
- Системи керування дугою: автомати з незалежною від напруги дуги швидкістю подачі дроту (саморегулювання дуги) та автомати з залежною подачею.
- Флюсоапарати: будова бункерів та пневматичні системи рекуперації (відсмоктування) невикористаного флюсу.

Лекція 7. Механічне, складальне та допоміжне обладнання (2 години)

- Класифікація механічного обладнання за призначенням.
- Складально-зварювальні кондуктори: просторові, площинні, універсальні та спеціалізовані. Типи затискних механізмів: гвинтові, ексцентрикові, пневматичні та гідравлічні.
- Обладнання для зміни просторового положення виробу: кантувачі (ланцюгові, важільні, двостійкові), маніпулятори (з нахилом планшайби) та позиціонери.
- Обладнання для переміщення зварювального апарату: зварювальні колони, портали та каретки. Роликові стенди для обертання циліндричних ємностей.

Лекція 8. Автоматизація та Робототехнічні комплекси (РТК) у зварювальному виробництві (2 години)

- Поняття комплексної автоматизації. Зварювальні роботи: антропоморфні маніпулятори (6 осей свободи), контролери, пульти програмування (Teach Pendant).
- Сенсорні системи: тактильні щупи, лазерні сканери відстеження стику (Seam Tracking), системи технічного зору.
- Гнучкі виробничі системи (ГВС) та автоматичні потокові лінії виготовлення металоконструкцій. Інтеграція устаткування в єдину інформаційну мережу підприємства (Industry 4.0).
- Техніка безпеки при експлуатації РТК (фотоелектричні бар'єри, зони відчуження, системи екстреної зупинки).

РОЗДІЛ 6. СТРУКТУРА ТА ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН АУДИТОРНОЇ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ (40 ГОДИН)

Аудиторна практична робота становить 40 годин (20 занять по 2 академічні години) і є ключовим інструментом трансформації теоретичних знань у стійкі прикладні інженерні навички. Практичні заняття проводяться у спеціалізованих лабораторіях зварювального устаткування та механоскладальних майстернях. Кожне заняття передбачає виконання конкретного розрахунково-аналітичного або апаратного завдання з обов'язковим оформленням протоколу.

Змістовий модуль 1. Електричні параметри та джерела живлення дуги

- **Практичне заняття № 1 (2 год).** *Паспортизація та правила безпечної експлуатації устаткування.* Вивчення технічної документації, паспортів та шильдиків зварювальних апаратів. Розшифровка класів ізоляції (IP), режимів роботи (ПВ/ТВ) та маркування. Оформлення протоколу електробезпеки робочого місця.
- **Практичне заняття № 2 (2 год).** *Побудова та аналіз зовнішніх вольт-амперних характеристик (ЗВАХ).* Розрахункова робота: побудова жорсткої, падаючої та зростаючої ЗВАХ за заданими параметрами напруги холостого ходу (U_{xx}) та робочого струму ($I_{зв}$). Визначення робочої точки стабільного горіння дуги.
- **Практичне заняття № 3 (2 год).** *Розрахунок теплового балансу та тривалості включення (ТВ).* Розв'язання інженерних задач на перерахунок номінального зварювального струму при зміні паспортної тривалості включення (наприклад, перерахунок струму з ТВ=60% на ТВ=100% для інтенсивного безперервного зварювання).
- **Практичне заняття № 4 (2 год).** *Експлуатація та регулювання зварювальних трансформаторів.* Дослідження кінематики механізму регулювання зварювального струму (переміщення магнітного шунта або розсування обмоток). Розрахунок магнітного розсіювання.
- **Практичне заняття № 5 (2 год).** *Зварювальні випрямлячі: електричні схеми та діагностика.* Читання принципів електричних схем трифазних випрямлячів. Розрахунок необхідної кількості силових діодів/тиристорів. Методика "продзвонювання" (діагностики) пробитого діода за допомогою мультиметра.

Змістовий модуль 2. Сучасні інверторні системи та устаткування в захисних газах

- **Практичне заняття № 6 (2 год).** *Інтерфейс та налаштування зварювальних інверторів.* Робота з панелями керування сучасних інверторів. Налаштування функцій "Hot Start" (гарячий старт), "Arc Force" (форсаж дуги) та "Anti-Stick" (антиприлипання). Побудова циклограм цих функцій у часі.
- **Практичне заняття № 7 (2 год).** *Синергетичне управління (Synergic Lines).* Практичне налаштування інвертора MIG/MAG за синергетичними кривими. Введення базових параметрів (тип металу, товщина, тип газу, діаметр дроту) та спостереження за автоматичною корекцією швидкості подачі і напруги.
- **Практичне заняття № 8 (2 год).** *Кінематика механізмів подачі зварювального дроту.* Розбирання та складання дво- і чотирироликкових редукторів подачі дроту. Розрахунок передавального відношення шестеренчастого редуктора та швидкості обертання роликів для забезпечення швидкості подачі дроту $V_{\text{п}} = 12 \text{ м/хв}$.
- **Практичне заняття № 9 (2 год).** *Підбір та заміна витратних матеріалів пальників MIG/MAG.* Практична робота з розбирання пальників. Підбір струмознімних наконечників, газових сопел, газорозподільників (дифузорів) та тефлонових/сталевих направляючих каналів відповідно до діаметра дроту.
- **Практичне заняття № 10 (2 год).** *Газове устаткування.* Розрахунок витрат захисних газів. Вивчення будови балонних редукторів, ротаметрів та підігрівачів вуглекислого газу. Розрахунок часу роботи зварювального поста від одного стандартного 40-літрового балона Ar/CO_2 при заданій витраті (л/хв).

Змістовий модуль 3. Устаткування TIG, SAW та контактного зварювання

- **Практичне заняття № 11 (2 год).** *Налаштування циклограми TIG-зварювання.* Програмування панелі апарата для аргонодугового зварювання: налаштування часу попереднього продування газом (Pre-flow), струму підпалу, часу наростання струму (Up-slope), струму зварювання кратера та часу післязварювального продування (Post-flow).
- **Практичне заняття № 12 (2 год).** *TIG-AC: Баланс змінного струму для алюмінію.* Практичне регулювання балансу напівхвиль змінного струму (Balance AC). Розрахунок відсоткового співвідношення катодного очищення (руйнування оксидної плівки) та глибини проплавлення металу.
- **Практичне заняття № 13 (2 год).** *Устаткування для зварювання під флюсом (SAW).* Вивчення кінематичної схеми зварювального трактора типу ТЗФ. Розрахунок швидкості переміщення візка трактора по рейці. Налаштування кута нахилу мундштука.
- **Практичне заняття № 14 (2 год).** *Устаткування для контактної точкового зварювання.* Розрахунок зусилля стиснення пневматичного циліндра (в даН) для точкової зварювальної машини залежно від тиску стисненого повітря в пневмомагістралі. Побудова циклограм імпульсу зварювального струму.

Змістовий модуль 4. Механоскладальне обладнання та автоматизація

- **Практичне заняття № 15 (2 год).** *Проектування елементів складальних кондукторів.* Розрахунково-графічна робота: вибір та розрахунок затискного зусилля важільно-ексцентрикового та гвинтового притисків для фіксації деталей у заданому просторовому положенні.
- **Практичне заняття № 16 (2 год).** *Кантувачі та маніпулятори.* Розрахунок положення центру ваги (ЦВ) зварної конструкції (наприклад, двотаврової балки). Вибір вантажопідйомності та крутного моменту приводу двостійкового кантувача для безперешкодного обертання розрахованої деталі.
- **Практичне заняття № 17 (2 год).** *Роликові стенди для циліндричних ємностей.* Розрахунок лінійної швидкості обертання обичайки на роlikоопорах, яка повинна

дорівнювати заданій швидкості автоматичного зварювання. Визначення передавального числа редуктора станда.

- **Практичне заняття № 18 (2 год).** *Основи програмування робототехнічних комплексів (РТК).* Вивчення системи координат промислового антропоморфного робота-зварювальника. Завдання траєкторії руху пальника за точками (Teach Pendant) на навчальному симуляторі.

- **Практичне заняття № 19 (2 год).** *Сенсорні системи стеження за стиком (Seam Tracking).* Аналіз роботи лазерних профілометрів та тактильних датчиків. Розрахунок алгоритму корекції положення зварювального пальника при відхиленні осі стику через термічні деформації.

- **Практичне заняття № 20 (2 год).** *Комплексний техніко-економічний аналіз устаткування.* Підсумкове заняття. Вибір оптимального комплексу обладнання (джерело живлення + кондуктор + маніпулятор) для виготовлення заданої умовної деталі. Оформлення фінального інженерного звіту.

РОЗДІЛ 7. ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧА (СРС) (34 ГОДИНИ)

Самостійна робота є обов'язковим та критично важливим компонентом, що формує здатність до неперервного професійного розвитку, автономії та готовності до виконання індивідуальної частини кваліфікаційної (дипломної) роботи у фінальному семестрі.

Обсяг СРС становить 34 години і розподіляється за наступними видами діяльності:

7.1. Поточна підготовка до аудиторних занять (14 годин)

- Опрацювання конспектів лекцій та базової технічної літератури для підготовки до практичних занять.

- Самостійне розв'язування типових інженерних задач (кінематичних та електричних розрахунків), заданих викладачем для закріплення матеріалу.

- Оформлення звітів (протоколів) за результатами виконаних практичних робіт. Викреслювання кінематичних схем механізмів подачі дроту та електричних блок-схем інверторів.

7.2. Опрацювання тем, винесених на самостійне вивчення (6 годин)

Для розширення фахового кругозору здобувачі самостійно реферують теми, що не увійшли до основного лекційного курсу, працюючи з новітніми паспортами обладнання та ДСТУ:

- *Особливості устаткування для плазово-порошкового наплавлення.*

- *Пристрої автономного охолодження зварювальних пальників (чилери): розрахунок теплової потужності.*

- *Портативні зварювальні каретки (Fronius, ESAB): кінематика та програмування кроку зварювання.*

- *Системи місцевої витяжної вентиляції, інтегровані в зварювальні пальники (Extraction Torches).*

7.3. Виконання Індивідуального розрахунково-графічного завдання (ІРГЗ) (14 годин)

Це міні-проект, що є безпосереднім прототипом майбутнього дипломного проєктування. Кожен здобувач отримує креслення умовного зварного вузла (наприклад: "Стійка рамна", "Резервуар $V=5 \text{ м}^3$ ", "Балка консольна").

Завдання для СРС (ІРГЗ):

1. Самостійно обрати метод зварювання для заданої конструкції.

2. За каталогами виробників (Lincoln Electric, Kemppi, Paton тощо) підібрати джерело живлення з відповідною тривалістю включення (ТВ) та ЗВАХ. Скласти специфікацію (джерело, механізм подачі, кулер, пальник).

3. Розробити принципову конструкцію (або підібрати зі стандартних) складально-зварювального пристосування (кондуктора) з розрахунком зусилля одного затискного елемента.

4. Оформити ІРГЗ у вигляді міні-пояснювальної записки (7-10 сторінок формату А4) із дотриманням вимог ЄСКД та ДСТУ 3008:2015.

РОЗДІЛ 8. МЕТОДИ НАВЧАННЯ ТА ІНСТРУМЕНТАРІЙ (З УРАХУВАННЯМ ТРАВМО-ОБІЗНАНОЇ ПЕДАГОГІКИ)

Для реалізації завдань дисципліни використовується комплекс інтерактивних, наочних та практико-орієнтованих методів навчання. Враховуючи реалії воєнного часу та можливу наявність в аудиторіях осіб із посттравматичним стресовим розладом (ПТСД) або ветеранів, навчальний процес адаптовано згідно з принципами *Trauma-Informed Approach*.

8.1. Дидактичні методи та інструменти:

- **Проблемно-орієнтоване навчання (PBL):** На практичних заняттях здобувачам не дається готове рішення. Вони отримують "зламаний" апарат або неоптимальний технологічний процес і мають провести Troubleshooting (пошук та усунення несправностей) за паспортом обладнання.
- **Візуалізація кінематики:** Використання 3D-моделей (САПР) та динамічних симуляцій у програмах (наприклад, SolidWorks або Autodesk Inventor) для демонстрації роботи затискних механізмів, роликкоопор та маніпуляторів.
- **Цифрові симулятори зварювання (VR/AR):** Первинне ознайомлення з налаштуванням панелей керування (Synergic Lines) може проводитися на комп'ютерних симуляторах (наприклад, Fronius Virtual Welding), що дозволяє відпрацювати навички без фізичної витрати металу та газу.

8.2. Екологія освітнього середовища (Trauma-Informed Approach):

- **Сенсорне розвантаження:** Практичні заняття, що передбачають реальне включення зварювального обладнання, різання металу або роботи механізмів подачі (що супроводжується різким шумом, високочастотним писком осциляторів або спалахами), суворо регламентуються. Здобувачі обов'язково забезпечуються активними шумопоглинаючими навушниками та сучасними масками "Хамелеон".
- **Асинхронність та декомпресія:** Здобувач має право в будь-який момент (без пояснення причин та академічних штрафів) взяти тайм-аут і вийти з лабораторії у "тиху зону", якщо звук роботи пневматики чи трансформаторів викликає сенсорне перевантаження.
- **Гнучкість дедлайнів:** Завдання для самостійної роботи (ІРГЗ) здаються в електронному форматі через систему дистанційного навчання (Moodle, Google Classroom). У разі потреби (лікування, реабілітація, загострення стану) терміни подання робіт пролонгуються індивідуально без зниження максимального бала.

РОЗДІЛ 9. ПОЛІТИКА ОЦІНЮВАННЯ ТА КРИТЕРІЇ ПІДСУМКОВИХ БАЛІВ (ДИФЕРЕНЦІЙОВАНИЙ ЗАЛІК)

Оцінювання знань здобувачів здійснюється за 100-бальною накопичувальною системою, яка переводиться в національну чотирибальну шкалу та шкалу ECTS. Підсумковим контролем у 3-му семестрі є **Диференційований залік**.

9.1. Структура накопичення балів (Максимум 100 балів)

- **Поточний контроль (Практичні заняття): до 40 балів.** Оцінюється активність на 20 практичних заняттях, правильність виконання інженерних розрахунків, здатність читати схеми та якість ведення протоколів (кожна практична робота оцінюється від 0 до 2 балів).
- **Самостійна робота (ІРГЗ): до 20 балів.** Оцінюється якість виконання міні-проєкту, дотримання стандартів ЄСКД при оформленні креслень та обґрунтованість вибору устаткування.

- **Модульний контроль (Тестування): до 10 балів.** Написання двох проміжних комп'ютерних тестів за теоретичним матеріалом (по 5 балів кожен).
- **Підсумковий контроль (Диференційований залік): до 30 балів.** Усне або письмове розв'язання комплексного інженерного завдання (наприклад, розрахунок зусилля затиску кондуктора та підбір інвертора за заданим ТВ).

9.2. Критерії оцінювання (Рубрикатор):

- **Відмінно (90-100 балів):** Здобувач глибоко і бездоганно володіє всім теоретичним матеріалом. Безпомилково читає складні кінематичні та електричні схеми. Здатен самостійно підібрати комплекс обладнання, аргументуючи свій вибір техніко-економічними показниками. ІРГЗ виконано з дотриманням усіх вимог ЄСКД. Вільна орієнтація в сучасних інверторних технологіях.
- **Добре (74-89 балів):** Достатньо повне знання матеріалу. Здобувач впевнено орієнтується в базовому устаткуванні, але допускає незначні неточності при розрахунку кінематики або пневматичних зусиль. ІРГЗ виконано вчасно, наявні незначні огріхи в оформленні. Здатність до самостійного виправлення помилок за допомогою навідних запитань викладача.
- **Задовільно (60-73 бали):** Знання лише основного, базового матеріалу. Здобувач розуміє принцип дії трансформаторів і напівавтоматів, але відчуває серйозні труднощі з розрахунковими завданнями та читанням складних схем. ІРГЗ виконано частково або містить суттєві технічні помилки, що потребують доопрацювання. Відповіді невпевнені.
- **Незадовільно (0-59 балів):** Повна відсутність знань значної частини матеріалу. Нездатність пояснити будову базового обладнання або розшифрувати елементарну ЗВАХ. ІРГЗ не здано, або воно є плагіатом. Відсутність на більшості практичних занять.

9.3. Політика академічної доброчесності

Жодні прояви академічної недоброчесності (списування під час модульного контролю, копіювання розрахунків ІРГЗ у інших здобувачів, фабрикація даних або використання невідредагованого ШІ-тексту) не толеруються. У разі виявлення плагіату в ІРГЗ, робота анулюється, і здобувач зобов'язаний виконати новий варіант проєкту. Політика коледжу базується на довірі, відповідальності та прозорості оцінювання.

РОЗДІЛ 10. ІНФОРМАЦІЙНО-МЕТОДИЧНЕ ТА МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Для якісного вивчення дисципліни використовуються актуальні нормативні документи, навчальна література та матеріальна база лабораторій коледжу.

10.1. Основна література (Базова)

1. Теоретичні основи зварювального виробництва та устаткування: Навчальний посібник / За ред. провідних фахівців. — Київ: [Сучасне видавництво, не раніше 2018 р.].
2. Технологічне устаткування механоскладальних та зварювальних цехів: Підручник для ЗФПО. — [Актуальне видання].
3. Паспорти та інструкції з експлуатації зварювальних апаратів провідних виробників (Fronius, Kemppi, ESAB, Paton).

10.2. Допоміжна література та Стандарти

4. ДСТУ EN 60974-1:2014 Устаткування для дугового зварювання. Частина 1. Джерела живлення зварювальної дуги.
5. ДСТУ EN ISO 17662:2018 Зварювання. Калібрування, верифікація та валідація обладнання, використовуюваного для зварювання.
6. Довідник зварника. Обладнання та технології. — Київ, 2021.

10.3. Інформаційні та Інтернет-ресурси

7. Офіційні сайти виробників зварювального обладнання (для завантаження CAD-моделей обладнання та технічних характеристик).

8. Система дистанційного навчання Moodle (Платформа коледжу для доступу до лекцій, тестів та завантаження ІРГЗ).

10.4. Матеріально-технічне забезпечення лабораторії

- **Мультимедійне обладнання:** Інтерактивна дошка, проектор для демонстрації кінематичних схем, 3D-моделей кондукторів та відеоматеріалів з роботою роботизованих комплексів.

- **Діючі макети та зразки устаткування:**

- Сучасні інверторні джерела живлення для MMA, MIG/MAG та TIG зварювання з синергетичними панелями (для вивчення інтерфейсу).

- Демонстраційні механізми подачі дроту (дво- та чотирироликові) у розрізі.

- Зварювальні пальники в розібраному стані, набори витратних матеріалів (сопла, дифузори, спіралі).

- Елементи складально-зварювальних пристосувань: струбцини, ексцентрикові затискачі, пневмоциліндри.

- Вимірювальний інструмент (амперметри, вольтметри, мультиметри) для діагностики електричних кіл.

- **Засоби безпеки:** Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), діелектричні килимки, системи місцевої витяжної вентиляції у робочому стані.

РОЗДІЛ 11. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА КАРТА (ДЕТАЛІЗОВАНИЙ КАЛЕНДАРНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН)

Розподіл 90 годин освітнього компонента (56 аудиторних + 34 СРС) розрахований на 15-тижневий навчальний семестр. Навчально-методична карта є базовим інструментом для викладача та здобувача, що забезпечує жорстку синхронізацію теоретичного матеріалу з практичним відпрацюванням.

Тиждень	Вид заняття	Тема заняття (Лекція / Практична робота)	Обсяг (год)	Завдання для Самостійної роботи (СРС) та ІРГЗ
1	Лекція 1	Вступ. Класифікація джерел живлення. Зовнішні вольт-амперні характеристики (ЗВАХ). Тривалість включення (ТВ/ПВ).	2	Опрацювання конспекту. Розв'язання задач на перерахунок зварювального струму за заданим ТВ.
1	Практична 1	Паспортизація та правила безпечної експлуатації устаткування. Класи ізоляції (ІР).	2	Вивчення ГОСТ/ДСТУ щодо маркування зварювальних апаратів.
2	Лекція 2	Зварювальні випрямлячі та генератори. Силові діоди та тиристори. Багатопостові системи.	2	Складання структурної схеми трифазного випрямляча. Розрахунок баластних реостатів.
2	Практична 2	Побудова та аналіз ЗВАХ (жорстких, падаючих, зростаючих). Визначення робочої точки.	2	Графічна робота: побудова сімейства ЗВАХ для різних довжин дуги.
3	Практична 3	Розрахунок теплового балансу та тривалості включення джерел живлення.	2	Підготовка до захисту першого блоку практичних робіт.
3	Лекція 3	Інверторні технології та синергетичне управління (Synergic). IGBT-транзистори.	2	Аналіз переваг функції PFC (Power Factor Correction).

4	Практична 4	Експлуатація та регулювання зварювальних трансформаторів (магнітне розсіяння).	2	Видача індивідуальних розрахунково-графічних завдань (ІРГЗ). Вибір теми.
4	Практична 5	Зварювальні випрямлячі: читання електричних схем та діагностика діодів мультиметром.	2	Оформлення протоколу діагностики.
5	Лекція 4	Устаткування для механізованого зварювання (MIG/MAG). Механізми подачі дроту.	2	Розрахунок кінематики шестеренчастого редуктора подавального механізму.
5	Практична 6	Інтерфейс та налаштування зварювальних інверторів (Hot Start, Arc Force, Anti-Stick).	2	Побудова осцилограми функцій полегшення старту.
6	Практична 7	Синергетичне управління (Synergic Lines). Програмування панелей керування.	2	Робота з симулятором зварювального апарата.
6	Практична 8	Кінематика механізмів подачі зварювального дроту (Push-Pull, 4-роликові системи).	2	Розбирання та складання редуктора. Розрахунок швидкості $V_{\text{п}}$.
7	Лекція 5	Устаткування для зварювання неплавким електродом (TIG) та мікроплазмового зварювання.	2	Вивчення конструкції плазмотронів та систем водяного охолодження.
7	Практична 9	Підбір та заміна витратних матеріалів пальників MIG/MAG (сопла, дифузори, спіралі).	2	Складання специфікації зношуваних деталей для ІРГЗ.
8	Практична 10	Газове устаткування: розрахунок витрат, редуктори, ротаметри, підігрівачі SCO_2 .	2	Підготовка до Модульного контролю №1.
8	Лекція 6	Автоматичне устаткування для зварювання під флюсом (SAW). Зварювальні трактори.	2	Опрацювання систем рекуперації (всмоктування) флюсу.
9	Практична 11	Налаштування циклограми TIG-зварювання (Pre-flow, Up-slope, Down-slope, Post-flow).	2	Модульний контроль №1 (Тестування).
9	Практична 12	TIG-AC: Баланс змінного струму для алюмінію. Розрахунок катодного очищення.	2	Виконання розрахункової частини ІРГЗ.
10	Лекція 7	Механічне, складальне та допоміжне обладнання (кондуктори, кантувачі, роликові стенди).	2	Підбір пневмоциліндрів за каталогами виробників (наприклад, Festo, Camozzi).
10	Практична 13	Устаткування для зварювання під флюсом (SAW). Налаштування трактора ТЗФ.	2	Читання кінематичної схеми візка трактора.
11	Практична 14	Устаткування для контактного точкового зварювання: розрахунок зусилля та циклограми.	2	Виконання графічної частини ІРГЗ (креслення кондуктора).
11	Практична 15	Проектування елементів складальних кондукторів: розрахунок важільно-ексцентрикових притисків.	2	Оформлення пояснювальної записки до ІРГЗ.

12	Лекція 8	Автоматизація та Робототехнічні комплекси (РТК). Сенсорні системи (Seam Tracking).	2	Дослідження алгоритмів роботи систем технічного зору.
12	Практична 16	Кантувачі та маніпулятори: розрахунок центру ваги (ЦВ) конструкції та вибір приводу.	2	Попередній захист графічної частини ІРГЗ.
13	Практична 17	Роликові стенди для циліндричних ємностей. Розрахунок лінійної швидкості обертання.	2	Фінальне оформлення ІРГЗ.
14	Практична 18	Основи програмування робототехнічних комплексів (РТК). Траєкторія руху пальника.	2	Здача ІРГЗ на перевірку.
14	Практична 19	Сенсорні системи стеження за стиком (Seam Tracking): алгоритми корекції.	2	Підготовка до Модульного контролю №2.
15	Практична 20	Комплексний техніко-економічний аналіз устаткування.	2	Модульний контроль №2.
15	Залік	Підсумковий диференційований залік.	-	Захист результатів навчання.

РОЗДІЛ 12. ПАКЕТ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ (КВМ) ТА КРИТЕРІЇ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ЗАЛІКУ

Контрольно-вимірювальні матеріали (КВМ) призначені для об'єктивної та прозорої оцінки сформованості інженерних компетентностей. Відповідно до принципів адаптивної освіти та Trauma-Informed Approach, екзаменаційний стрес мінімізується шляхом використання відкритих інженерних кейсів, де оцінюється не механічне запам'ятовування, а логіка пошуку рішення.

12.1. Структура білета диференційованого заліку

Екзаменаційний білет складається з трьох різнорівневих завдань, що охоплюють усі етапи засвоєння матеріалу:

- Теоретичне запитання (Аналітичний рівень):** Потребує розгорнутого опису будови, принципу дії або кінематики певного класу обладнання.
- Графічно-діагностичне завдання (Рішення кейсу):** Здобувачу надається принципова електрична, кінематична або пневматична схема. Необхідно вказати її назву, призначення ключових вузлів або знайти "штучно створену" на схемі помилку (Troubleshooting).
- Розрахункова інженерна задача (Прикладний рівень):** Практичний розрахунок параметрів обладнання за вихідними даними.

12.2. Приклади типових розрахункових задач для заліку:

- Задача 1 (Тривалість включення):** Зварювальний інвертор має паспортні дані: номінальний зварювальний струм $I_{\text{ном}} = 300 \text{ A}$ при тривалості включення $T_{\text{В}}_{\text{ном}} = 60\%$. Визначити максимально допустимий зварювальний струм I_{x} для безперервної роботи в автоматичному режимі ($T_{\text{В}}_{\text{x}} = 100\%$).

Ключ до розв'язання: Застосовується формула теплового еквівалента: $I_{\text{x}} = I_{\text{ном}} \cdot \sqrt{\frac{T_{\text{В}}_{\text{ном}}}{T_{\text{В}}_{\text{x}}}} = 300 \cdot \sqrt{0.6} = 232.3 \text{ A}$.

- Задача 2 (Кінематика подачі):** Розрахувати частоту обертання електродвигуна подавального механізму (об/хв), якщо задана швидкість подачі дроту $V_{\text{п}} = 15 \text{ м/хв}$, діаметр подавального ролика $D = 30 \text{ мм}$, а передавальне число редуктора $i = 40$.

- Задача 3 (Пневматика кондуктора):** Визначити зусилля затиску на штоку пневмоциліндра двосторонньої дії (в даН), якщо діаметр поршня $D = 80 \text{ мм}$, а тиск стисненого повітря у магістралі становить $P = 0.6 \text{ МПа}$ (втрати на тертя знехтувати).

12.3. Критерії оцінювання Диференційованого заліку (Максимум 30 балів з 100 семестрових):

- **27–30 балів (Відмінно):** Дано вичерпні, логічно побудовані відповіді на всі питання. Задача розв'язана безпомилково з наведенням розмірностей та короткого висновку. Здобувач вільно читає запропоновану кінематичну схему.
- **22–26 балів (Добре):** Відповіді повні, але містять незначні термінологічні неточності. Задача розв'язана правильно, але допущені арифметичні помилки. Схема прочитана із невеликими підказками викладача.
- **18–21 бал (Задовільно):** Знання носять репродуктивний (поверхневий) характер. Здобувач розуміє призначення обладнання, але не здатний детально описати процеси синергетичного управління або побудувати ЗВАХ. Задача розв'язана лише наполовину (записана формула, але хід рішення хибний).
- **0–17 балів (Незадовільно):** Повна відсутність знань. Здобувач не може назвати елементи схеми, не орієнтується у базових фізичних величинах (різниця між напругою та струмом). Задача не розв'язана.

РОЗДІЛ 13. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОГО ЗАВДАННЯ (ІРГЗ)

Індивідуальне розрахунково-графічне завдання (ІРГЗ) є ключовим інструментом для оцінювання здатності здобувача до самостійного проєктування. Воно виконується протягом 4–14 тижнів семестру (обсяг СРС — 14 годин).

13.1. Структура ІРГЗ

ІРГЗ оформлюється у вигляді міні-пояснювальної записки (7–10 сторінок формату А4) із дотриманням стандартів ЄСКД.

1. **Титульний аркуш** (за встановленою формою).
2. **Завдання:** Креслення або ескіз виробу з вказівкою матеріалу, товщини та типу виробництва (серійне/одиничне).
3. **Технологічне обґрунтування:** Вибір способу зварювання (MIG, TIG, SAW) з аргументацією.
4. **Вибір джерела живлення:** Розрахунок необхідної потужності. Підбір конкретної моделі апарата за каталогами (з наведенням його технічних характеристик: ПВ, U_{xx} \$, межі регулювання струму, маса).
5. **Конструкторська частина:** Проєктування складально-зварювального пристосування. Опис його кінематики, принципу дії затискних елементів.
6. **Розрахункова частина:** Розрахунок одного елемента оснастки (наприклад, зусилля затиску гвинтового притиску або розрахунок передавального числа маніпулятора).
7. **Графічна частина:** Робоче креслення складально-зварювального кондуктора або кінематичної схеми механізму (формат А3 або А4).

13.2. Типові варіанти завдань для ІРГЗ:

- *Варіант 1:* Підбір комплексу устаткування для напівавтоматичного зварювання (MAG) просторової рами мотоцикла зі сталі 20. Проєктування просторового складального кондуктора з важільними притисками типу De-Sta-Co.
- *Варіант 2:* Підбір устаткування для автоматичного зварювання під флюсом (SAW) поздовжнього шва обичайки (діаметр 1200 мм, товщина 16 мм). Вибір роликового стенда та зварювальної колони.
- *Варіант 3:* Вибір інверторного обладнання для аргонодугового зварювання (TIG-AC/DC) алюмінієвого паливного бака. Розрахунок та підбір блоку автономного рідинного охолодження пальника (чилера).

- *Варіант 4:* Проектування механізованого поста для точкового контактного зварювання (Spot Welding) вентиляційних коробів. Розрахунок зусилля пневмоциліндра підвісних зварювальних кліщів.
- *Варіант 5:* Підбір механізованої портативної каретки (на магнітних направляючих) для зварювання довгих кутових швів суднової перебірки. Розрахунок швидкості переміщення каретки.

РОЗДІЛ 14. БАЗОВИЙ ГЛОСАРІЙ З ДИСЦИПЛІНИ (ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ ДОВІДНИК)

Сучасне зварювальне обладнання здебільшого має англomовний інтерфейс. Для вільної орієнтації у технічних паспортах та меню інверторів здобувач зобов'язаний засвоїти міжнародну термінологію.

1. **ЗВАХ (Зовнішня вольт-амперна характеристика) / Output Characteristic:** Залежність між напругою (\$U\$) та струмом (\$I\$) на вихідних клемх джерела живлення. Буває крутопадаючою (Constant Current, CC) для MMA/TIG та жорсткою (Constant Voltage, CV) для MIG/MAG.
2. **Інвертор (Inverter):** Джерело живлення, в якому змінна напруга мережі випрямляється, потім перетворюється у високочастотну змінну (за допомогою IGBT-транзисторів), знижується трансформатором і знову випрямляється. Забезпечує малу вагу та високу енергоефективність.
3. **Тривалість включення (ТВ/ПВ) / Duty Cycle:** Відношення часу роботи апарата під навантаженням (горіння дуги) до загального часу робочого циклу (за стандартом EN 60974-1 цикл становить 10 хвилин). Якщо ТВ=60%, апарат може безперервно варити 6 хвилин, після чого 4 хвилини має охолоджуватися.
4. **Синергетичне управління (Synergic Control):** Мікропроцесорна система інвертора, яка автоматично підбирає оптимальну напругу, індуктивність та форму імпульсу на основі лише одного введенного параметра (наприклад, швидкості подачі дроту), спираючись на вшиту базу даних матеріалів.
5. **Arc Force (Форсаж дуги):** Функція MMA-інвертора, що автоматично короткочасно збільшує зварювальний струм у момент критичного скорочення довжини дуги, запобігаючи прилипанню електрода.
6. **Hot Start (Гарячий старт):** Функція, яка подає підвищений стартовий струм у момент торкання електродом деталі для легкого запалювання дуги та прогріву холодного металу.
7. **Осцилятор (HF Ignition):** Високовольтний, високочастотний генератор імпульсів, який пробиває повітряний проміжок (зазор) між вольфрамовим електродом та деталлю, забезпечуючи безконтактний підпал TIG-дуги.
8. **Кондуктор (Welding Jig):** Механічний пристрій для точного просторового базування та жорсткої фіксації окремих деталей перед зварюванням.
9. **Кантувач (Positioner / Rotator):** Механічне обладнання (ланцюгове, двостійкове), призначене для обертання або нахилу масивних зварних вузлів з метою переведення зварного шва у зручне нижнє положення (РА).
10. **Push-Pull (Тягнуcho-штовхаюча система):** Система подачі м'якого (алюмінієвого) дроту, що складається з двох синхронізованих моторів: один у подавальному механізмі апарата (штовхає), інший — безпосередньо в руків'ї пальника (тягне).
11. **Seam Tracking (Стеження за стиком):** Автоматизована система (лазерна або тактильна), що в режимі реального часу коригує траєкторію руху пальника робота або каретки у разі відхилення геометричних розмірів або виникнення термічних деформацій.

РОЗДІЛ 15. БЛОК ДОДАТКІВ (ШАБЛони ЗВІТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ)

Для проходження нормоконтролю та уніфікації звітності розроблено стандартні шаблони документів.

Додаток А. Форма Титульного аркуша до ІРГЗ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗПО «ДНІПРОВСЬКИЙ ПРОФЕСІЙНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОЛЕДЖ»

Циклова комісія: «Технології зварювального виробництва та прикладна механіка»

ІНДИВІДУАЛЬНЕ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ (ІРГЗ)

з освітнього компонента: «ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ»

Варіант № _____

Тема: «Підбір устаткування та проєктування складального кондуктора для...»

Виконав:	Здобувач освіти групи _____

	(Прізвище, ініціали)
Перевірив:	Викладач

	(Прізвище, ініціали)
Оцінка:	_____ (_____ балів)

Дніпро – 202__

Додаток Б. Стандартний протокол виконання практичної роботи

(Заповнюється здобувачем у робочому зошиті або електронному форматі).

ПРАКТИЧНА РОБОТА № _____

Тема: Розрахунок теплового балансу та тривалості включення (ТВ) джерел живлення.

1. Мета роботи: Опанувати методику перерахунку номінальних струмових характеристик зварювального обладнання для різних режимів навантаження.

2. Вихідні дані (за варіантом):

- Модель джерела живлення: *Fronius TransSteel 3500*
- Номінальний струм ($I_{\text{ном}}$): *350 А*
- Номінальна тривалість включення ($TV_{\text{ном}}$): *40%*
- Необхідна тривалість включення для автоматичного зварювання (TV_x): *100%*

3. Теоретичні відомості (Формула для розрахунку):

Відповідно до закону Джоуля-Ленца, теплова енергія, що виділяється в апараті, є сталою величиною. Перерахунок здійснюється за формулою теплового еквівалента:

$$I_x = I_{\text{ном}} \cdot \sqrt{\frac{TV_{\text{ном}}}{TV_x}}$$

4. Хід виконання (Розрахунок):

$$I_x = 350 \cdot \sqrt{\frac{40\%}{100\%}} = 350 \cdot \sqrt{0.4} = 350 \cdot 0.632 = 221.3 \text{ А}$$

5. Висновок:

Для забезпечення безперервної роботи ($TV = 100\%$) даного зварювального апарата в автоматичному режимі, максимальний зварювальний струм не повинен перевищувати **221 А**. Перевищення цього значення призведе до спрацювання теплового захисту інвертора.

Додаток В. Матриця оцінювання практичних робіт (Критерії)

Критерій оцінювання	Максимальний бал (2.0)	Середній бал (1.0 - 1.5)	Мінімальний бал (0 - 0.5)
Теоретична підготовка	Вільно оперує термінами, пояснює суть фізичних процесів.	Знає формули, але плутається в їх фізичному змісті.	Не розуміє призначення обладнання.
Інженерні розрахунки	Розрахунки безпомилкові, наявні розмірності (А, В, МПа).	Допущені арифметичні помилки, пропущені розмірності.	Формула вибрана неправильно, розрахунок відсутній.

Оформлення протоколу	Схеми накреслені під лінійку за стандартами ЄСКД. Висновок аргументований.	Схеми намальовані від руки неохайно. Висновок формальний.	Протокол не оформлено, схеми відсутні.
Дотримання ОП та безпеки	Неухильно дотримується правил електробезпеки.	Потребує нагадування про техніку безпеки.	Порушує правила безпеки, створює ризик для групи.

(Примітка: У разі виникнення психологічного дискомфорту у здобувача під час роботи з реальним обладнанням, викладач має право адаптувати критерії, зробивши акцент на розрахунковій частині без зниження загального бала).