

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

К. О. Зворикін, В. О. Гаєвський

**ПРОЕКТУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА
ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як
навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 131
«Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2019

Рецензент: *Рижов Р. М.*, д-р. техн. наук, проф.

Відповідальний редактор *Прохоренко О. В.*, канд. техн. наук, доц.

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 30.05.2019 р.) за поданням Вченої ради ЗФ (протокол № 10 від 30.05.2019 р.)

Електронне мережне навчальне видання

Зворикін Костянтин Олегович, канд. техн. наук, доц.

Гаєвський Володимир Олегович, канд. техн. наук, асс.

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Проектування технологічних процесів зварювального виробництва: Практичні заняття [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні» / К. О. Зворикін, В. О. Гаєвський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,27 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 87 с.

Наведено інструктивно-методичні матеріали та методичні рекомендації для виконання студентами денної форми навчання практичних занять з дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва». Надані організаційні вказівки до виконання практичних занять сприятимуть поглибленому та більш детальному опануванню розроблення технологічних процесів виробництва зварних конструкцій, в тому числі застосування правил і алгоритмів технічного підготовки зварювального виробництва.

© К. О. Зворикін, В. О. Гаєвський, 2019

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019

Зміст

Вступ		3
Заняття № 1	Визначення вихідних даних для проектування технологічних процесів виготовлення зварного виробу...	6
Заняття № 2	Визначення базового і власного варіантів розчленування зварної конструкції виробу на складальні одиниці та деталі	15
Заняття № 3	Розроблення технологічних процесів виготовлення заготовок і деталей зварного виробу	27
Заняття № 4	Визначення базового і власних варіантів складально-зварювальних технологічних процесів виготовлення зварного виробу	37
Заняття № 5	Обґрунтування вибору раціонального варіанту технологічного процесу виготовлення зварного виробу ..	68
Заняття № 6	Оформлення документації робочого технологічного процесу складання-зварювання заданого виробу	77
Додаток	Схеми підтвердження відповідності технологічних процесів зварювання (ДСТУ 3951.1-2000)	80
Використовувані терміни		84
Перелік рекомендованої літератури		85

ВСТУП

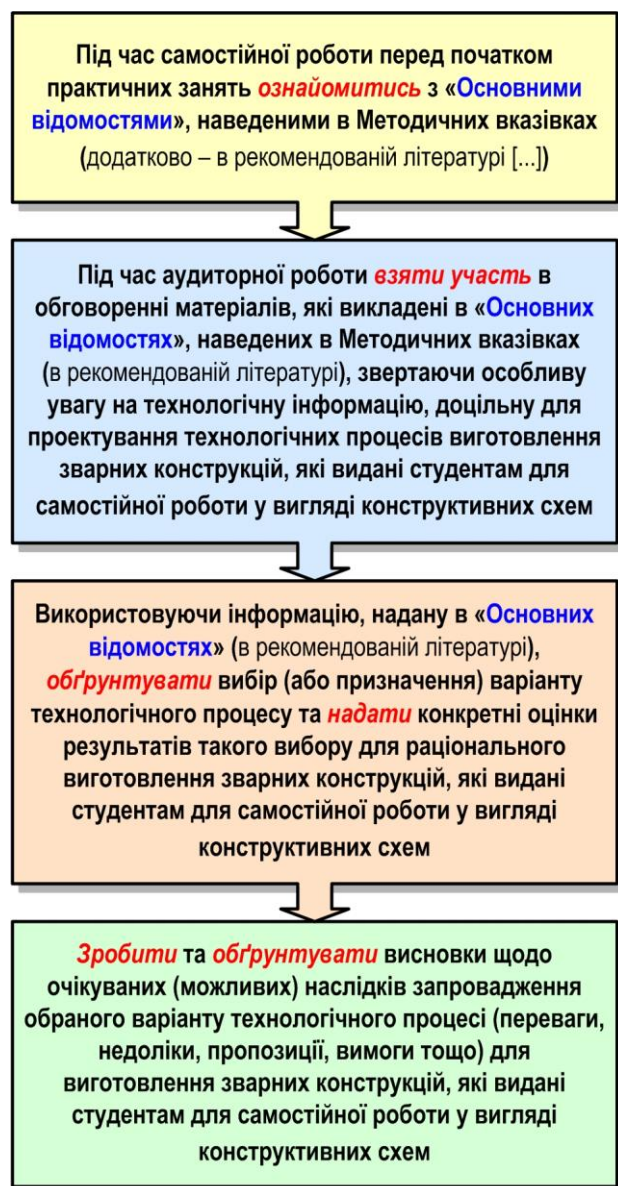
Методичні вказівки містять опис практичних занять дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва» для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні».

Метою проведення практичних занять є закріплення і поглиблення знань навчальної дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва», одержаних студентами на лекціях, насамперед, знань про чинники, що визначають вибір і зміст технологічних процесів виробництва зварних конструкцій, а також набуття вмінь їх практичного застосування шляхом виконання певних відповідно сформульованих завдань за допомогою охоплення і координації суміжних змістовних модулів дисциплін, які передбачені навчальним планом підготовки магістрів-практиків і магістрів-наукових за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні». Це має сприяти більш різнобічному і твердому сприйняттю функціонального змісту діяльності спеціаліста або магістра і формуванню фахових умінь.

Практичні заняття проводяться за тематикою, яка спрямована на поглиблене та більш детальне опанування послідовностей проектування технологічних процесів виробництва зварних конструкцій, в тому числі правил і алгоритмів технічного підготовлення зварювального виробництва. Робота студентів за темою кожного практичного заняття полягає у вирішенні певних **завдань**, спрямованих на досягнення вказаної навчальної мети.

Методичні вказівки містять предметну деталізацію та приклади використання положень нормативно-технічних матеріалів, які розглядаються під час лекційних занять за темами: «Характер технологічних процесів», «Основні показники технологічного процесу», «Правила забезпечення технологічності зварних складальних одиниць і деталей», «Технологічний контроль конструкторської документації», «Стадії і послідовність розроблення технологічних процесів», «Технічне нормування технологічних процесів», «Основні напрями удо-

сконалення технологічних процесів», «Методологія вибору раціонального варіанта технологічного рішення», «Техніко-економічне порівняння варіантів технологічного процесу».



Блок-схема «Завдання» практичних занять

охоплюються головні питання, і вірна відповідь на які означає досягнення мети проведення практичних занять.

Навчальна тематика практичних занять утворює логічну послідовність, кожна ланка якої несе певну частку інженерної інформації, які разом складають знання, необхідні для підготовки за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні».

Для підготовки до участі в практичних заняттях студентам рекомендується, крім методичних вказівок, використовувати літературу, зазначену в переліку наприкінці цих вказівок, а також нормативні документи та науково-технічні публікації відповідної тематики. Змістом практичних занять передбачається виконання студентами «Завдання» за темою кожного із занять, які містять вимоги щодо самостійної роботи перед початком занять та алгоритм практичної роботи під час проведення аудиторних занять (див. «Блок-схема «Завдання» практичних занять»). На заняттях проводяться обговорення, робляться доповіді, складаються технологічні матеріали, в тому числі документи.

Для самоконтролю студентів наведені «Контрольні запитання», якими

Заняття № 1.

ВИЗНАЧЕННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗВАРНОГО ВИРОБУ

Тематичне завдання заняття: *з'ясувати* склад вихідних даних, необхідний і достатній для початку проектування технологічних процесів зварювального виробництва, *опанувати* послідовність розроблення технологічних процесів виготовлення зварного виробу, *визначити* тип зварної конструкції, а також *виявити* очікувані результати визначення вихідних даних.

Основні відомості

Мета проектування технологічних процесів виготовлення зварного виробу – забезпечення виробничо-технічних можливостей (забезпечення готовності) промислового підприємства до виготовлення заданої конструкції зварного виробу у відповідності до затвердженої конструкторської документації та за умови обов'язкового дотримання вимог стосовно функціональних та якісних характеристик властивостей готового виробу. Важливо підкреслити, що вказана мета досягається не за любую ціну. Обов'язковим є використання раціональних технологічних процесів (із застосуванням доцільних, переважно – новітніх, технологій, сучасних високопродуктивних засобів технологічного спорядження і за обґрунтованого рівня використання засобів механізації та автоматизації процесів) за умов виконання правил техніки безпеки та охорони довкілля. При цьому головним критерієм досягнення мети є раціональне¹ використання виробничих ресурсів (виробничих, кадрових, фінансових тощо). Головне завдання проектування технологічних процесів – розроблення документації робочого технологічного процесу (ТП) виготовлення зварного виробу (рис. 1.1). Розроб-

¹ Переважно *мінімальне*, але не обов'язково – важливішим є забезпечення заданої функціональності та якості виробу; «раціональність» (або «оптимальність») використання виробничих ресурсів визначається за оцінками попередньо визначеного комплексу виробничо-економічних показників, а саме визначення «раціональності» зазвичай здійснюється під час відпрацювання на технологічність конструкції зварного виробу.

ВИХІДНІ ДАНІ: матеріали виробничої практики, фактичні або віртуальні дані зварювального виробництва, яке надалі для цілей практичних занять визначено студентом для використання в якості підприємства-виробника заданого йому Зварного виробу, результати конструктивно-технологічного аналізу Зварного виробу, результати самостійної роботи тощо

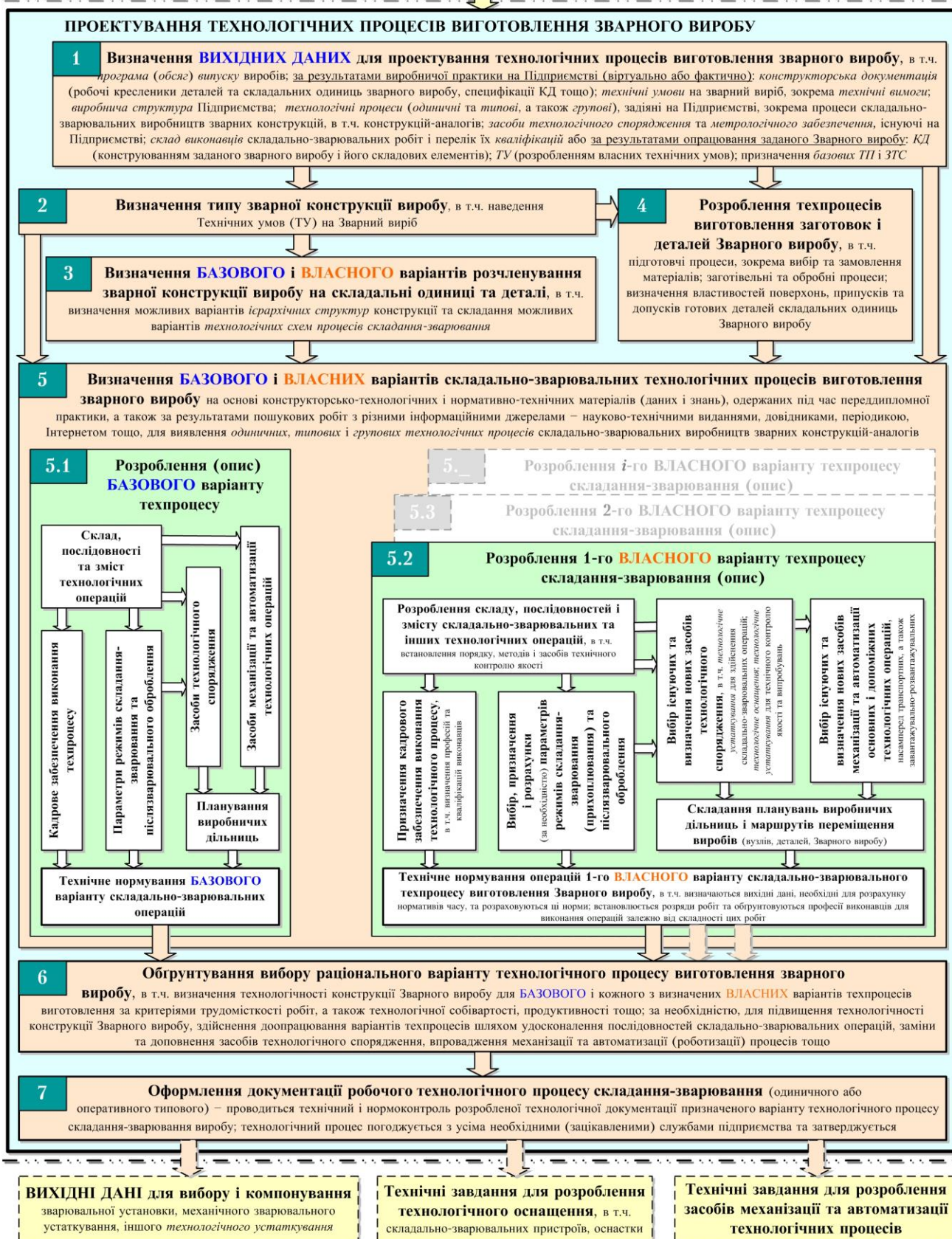


Рис. 1.1. Структурно-логічна схема послідовності розроблення технологічних процесів виготовлення зварного виробу

лена робоча технологічна документація має містити документи, достатні для забезпечення технологічної готовності виробництва до виготовлення зварних виробів у відповідності до вимог замовника або ринку таких виробів (технічних умов на заданий зварний виріб).

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що проектування технологічних процесів виготовлення зварних конструкцій є однією із основних складових загального процесу технологічного підготовки виробництва виробу. Під час цієї роботи остаточно розв'язуються задачі, пов'язані із забезпеченням достатньої технологічності зварних конструкцій, здійснюється саме технологічне проектування (розроблення технологічних маршрутів і процесів, призначення режимів роботи устаткування), одночасно виконується нормування (розрахунки трудомісткості операцій та матеріаломісткості об'єктів оброблення), конструювання (оснащення, спеціальне і допоміжне устаткування), а надалі – виготовлення сконструйованого спеціального оснащення та устаткування. За поточними результатами проектування технологічних процесів здійснюються елементи організаційного підготовки виробництва, зокрема розробляються¹ попередні технологічні плани відповідних виробничих підрозділів (виробничих дільниць), які остаточно затверджуються після завершення технологічного підготовки виробництва.

Для проектування технологічних процесів виготовлення зварного виробу заданої конструкції, зокрема для розроблення технологічних процесів складання-зварювання цього зварного виробу використовуються вихідні дані із **виробничої практики** Підприємства² та із результатів **конструктивно-технологічного аналізу** зварного виробу:

- *програма (обсяг) випуску* виробів;

¹ Для вправ на практичних заняттях пропонується вирішувати пряму задачу організаційного проектування, тобто задачу побудови виробничої системи і створення умов, які протягом тривалого періоду часу забезпечували б виготовлення запланованих та прогнозованих виробів в заданих обсягах, в задані терміни і з мінімальними витратами ресурсів.

² *Підприємство* або *Зварювальне виробництво* – (віртуальна) виробнича промислова система, яка призначена для виготовлення Зварного виробу.

- *конструкторська документація (КД)* – робочі кресленики деталей та складальних одиниць зварного виробу, специфікації конструкторської документації тощо, які одержують:
 - або на Підприємстві (видається для практичного заняття);
 - або опрацюванням та конструюванням заданого Зварного виробу і його складових елементів;
- *Технічні умови (ТУ)* на Зварний виріб, зокрема *технічні вимоги*, які одержують:
 - або на Підприємстві (видається для практичного заняття);
 - або опрацюванням та розробленням відповідних власних ТУ;

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що в загальному випадку до складу ТУ рекомендується включати вступну частину і основні розділи, розташовані в наступній послідовності¹: технічні вимоги; вимоги безпеки; вимоги охорони навколишнього середовища; правила приймання; методи контролю; транспортування і зберігання; вказівки з експлуатації; гарантії виробника. За потребою ТУ можуть доповнюватись іншими розділами, в них можуть не включатись окремі розділи, а також окремі розділи можуть об'єднуватись в один.

У вступній частині технічних умов зазвичай містяться відомості щодо найменування продукції, її призначення, сфери застосування і умов експлуатації.

У розділі «*Технічні вимоги*» наводяться вимоги і норми, якими визначаються показники якості і експлуатаційні характеристики продукції.

Цей розділ в загальному випадку формується підрозділами: (1) основні параметри і характеристики (властивості), (2) вимоги до сировини, матеріалів, покупних виробів, (3) комплектність, (4) маркування, (5) упакування.

У розділі «*Вимоги безпеки*» встановлюються вимоги, які повинні містити всі види допустимої небезпеки і встановлюватись так, щоб забезпечувалась безпека продукції протягом терміну її служби.

¹ ГОСТ 2.114

У розділі «*Вимоги охорони навколишнього середовища*» встановлюються вимоги щодо запобігання шкоди навколишньому природному середовищу і здоров'ю людини під час випробувань, зберігання, транспортування, експлуатації і утилізації продукції, небезпечної в екологічному відношенні.

У розділі «*Правила приймання*» вказується порядок контролю продукції, порядок і умови пред'явлення і приймання продукції органами технічного контролю підприємства-виробника і споживачем (замовником), розмір партій, які пред'являються, необхідність і час витримки продукції до початку приймання, супровідна документація, а також порядок оформлення результатів приймання.

У розділі «*Методи контролю*» встановлюються способи і режими контролю (випробувань, вимірювань, аналізу) параметрів, норм, вимог і характеристик продукції, необхідність контролю яких передбачена в розділі «*Правила приймання*».

У розділі «*Транспортування і зберігання*» встановлюються вимоги щодо забезпечення збереженості продукції під час її транспортування і зберігання, у тому числі щодо забезпечення безпеки.

У розділі «*Вказівки до експлуатації*» наводяться вказівки щодо установлення, монтажу і застосування продукції на місці її експлуатації.

Розділ «*Гарантії виробника*» зазвичай викладається у відповідності до ГОСТ 22352.

У додатку до технічних умов наводяться:

- перелік документів (стандартів, інструкцій, технічних умов і інших документів), на які зроблені посилання в ТУ;
- перелік устаткування (стендів, приладів, пристроїв, оснащення, інструменту тощо) матеріалів і реактивів, необхідних для контролю продукції;
- короткий опис з характеристиками устаткування і матеріалів, необхідних для здійснення контролю продукції.

Певна частина вихідних даних не може бути призначена без віднесення до конкретного Зварювального виробництва, параметри якого зазвичай є унікальними для кожного підприємства. Для завдань практичного заняття доцільно ви-

користати знання, які були одержані, наприклад, під час виробничої практики, або самостійно визначити Підприємство і на цій підставі призначити **вихідні дані** Підприємства:

- *виробнича структура* Підприємства;
- *технологічні процеси* (одиничні та типові, а також групові), задіяні на Підприємстві, зокрема процеси складально-зварювальних виробництв зварних конструкцій, в т.ч. конструкцій-аналогів;
- *засоби технологічного спорядження* (ЗТС) та *метрологічного забезпечення*, використовувані на Підприємстві;
- *склад виконавців* складально-зварювальних робіт і перелік їх кваліфікацій на Підприємстві;
- *інше* (за наявності);

За результатами опрацювання заданого Зварного виробу, за результатами його конструктивно-технологічного аналізу, після визначення типу заданої зварної конструкції (див. далі), за результатами *пошукових робіт* з різними інформаційними джерелами –здійснюється *формування*, або *призначення*, або *вибір*:

- *виробничої структури* Підприємства (визначення виробничих підрозділів Підприємства та особливостей їх характеристик);
- *сукупності технологічних процесів* (призначення набору технологічних процесів з числа типових і характерних для діючих тепер в Україні підприємств з виготовлення зварних конструкцій-аналогів, які надалі визначаються як *базові* для порівняння з іншими можливими варіантами раціональних технологічних процесів);
- *сукупності засобів технологічного спорядження* (призначення набору засобів технологічного спорядження з числа типових і характерних для діючих тепер в Україні підприємств з виготовлення зварних конструкцій-аналогів; призначеним набором ЗТС мають забезпечуватись необхідні функціональні і технічні характеристики технологічних процесів, визначених *базовими*).

Визначення **типу зварної конструкції** заданого Зварного виробу здійснюється для:

- а) визначення сукупності технологічних процесів, характерних для виготовлення заданої зварної конструкції;
- б) узагальнення технічних, технологічних та інших вимог до виробництва заданого Зварного виробу.

Обґрунтування приналежності конструкції заданого Зварного виробу до певного типу зварних конструкцій відбувається на основі загальноприйнятої¹ класифікації.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що зварні конструкції розрізняються за *цільовим призначенням*, за *технологічними і конструктивними параметрами* (на основі яких вони об'єднуються в типові технологічні групи, однакові за своїми технологічними маршрутами) , за *методами одержання заготовок* тощо.

Металеві зварні конструкції в залежності від їх *призначення* розрізняються на **машинобудівні, будівельні та технологічні**. Зварні машинобудівні конструкції – корпуси, станини, вали (вісі) та колеса (шестерні, катки), лопатки, шасі, елементи транспортних машин (залізничних, судів, автомобілів, літаків, ракетно-космічної техніки). Окремо – зварні конструкції приладобудування (корпуси, сильфони, арматура, мікросхеми тощо). Зварні будівельні конструкції – каркаси і великопрольотні покриття промислових будівель та споруд, резервуари та газгольдери, магістральні та технологічні трубопроводи, прольотні будівлі мостів та трубопровідних переходів, висотні споруди – щогли, башти, антени, труби, опори ліній електропередач, споруди доменних комплексів, морські стаціонарні платформи, мостові крани тощо. В будівництві зварні металоконструкції поділяються на листові, в тому числі оболонкового типу (колони, балки, циліндричні вертикальні та горизонтальні резервуари, газгольдери, сферичні резервуари і домни тощо) і решітчасті (ферми, щогли та башти, які можуть бути «площин-

¹ Різноманітність зварних конструкцій ускладнює їх єдину класифікацію, тому на практиці використовується дещо спрощена класифікація зварних конструкцій, яку визначено «загальноприйнятою».

ними» або «просторовими», тощо). Зварні технологічні конструкції – метало-конструкції конвеєрів, підйомників, опори та підвіски технологічних трубопроводів, каркаси, рами, постаменти, обшивки з каркасами (кожухи електрофільтрів та башт, лотки, лійки тощо), бункери, чани, невеликі резервуари (ємністю до 2 тис. м³), захисні обгороджування машин та механізмів, металоконструкції типу етажерок, майданчики зі сходами для обслуговування технологічного устаткування тощо.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що найбільш поширеною і загальноприйнятою для розгляду питань виготовлення зварних конструкцій є класифікація зварних конструкцій в залежності від *характерних особливостей їх роботи*. Відповідно виділяються наступні **типи зварних елементів та конструкцій**: балки, також рамні конструкції з балок (рами), колони, решітчасті конструкції, оболонкові конструкції, корпусні транспортні конструкції, деталі машин.

Після визначення типу заданої зварної конструкції виробу проводиться визначення сукупності технологічних процесів, характерних для виготовлення такої зварної конструкції, а також узагальнення технічних, технологічних та інших вимог до виробництва заданого зварного виробу. Для цього необхідно провести *пошукові роботи* з різними інформаційними джерелами – науковими, науково-технічними та довідковими виданнями, науково-технічною періодикою, пошуки в Інтернет тощо.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що для більшості типових технологічних груп зварних конструкцій розроблено і використовується відповідне нормативно-технічне забезпечення технологічних процесів виготовлення (*регламенти, стандарти, правила, технічні умови, технологічні інструкції* тощо).

Технічні умови (запозичені із технічної документації Підприємства, або розроблені самостійно) мають бути скориговані у відповідності до узагальнених технічних і технологічних вимог до виробництва зварного виробу.

Завдання

1. Під час самостійної роботи перед початком занять ознайомитись з «Основними відомостями» і визначитись стосовно параметрів виробничих характеристик зварювального виробництва Підприємства та змісту ТУ у відповідності до особливостей виготовлюваної продукції.
2. На занятті провести обговорення матеріалів, які викладені в «Основних відомостях», звертаючи особливу увагу на функціональні, конструктивні та експлуатаційні особливості зварних виробів, виданих студентам для самостійної роботи у вигляді конструктивних схем, а також на параметри виробничих характеристик зварювального виробництва українських підприємств.
3. Використовуючи рекомендації, наведені в «Основних відомостях», скласти вихідні дані, що використовуються для проектування технологічних процесів виготовлення зварної конструкції (заданого Зварного виробу, виданого студенту для самостійної роботи у вигляді конструктивних схем), обґрунтувати їх походження¹ та надати значення величин параметрів відповідних характеристик (технічних, економічних тощо) вихідних даних.
4. Навести ТУ та виробничі і техніко-економічні характеристики зварювального виробництва, на якому передбачається випуск Зварного виробу, для якого виконується технічне підготування виробництва, в тому числі, проектування технологічних процесів виготовлення заданого Зварного виробу. Необхідно надати визначення типу конструкції заданого Зварного виробу, а також за результатами проведених пошукових робіт необхідно скласти узагальнені технічні і технологічні вимоги до виробництва зварного виробу з посиланням на відповідні нормативи та правила.

Контрольні запитання

1. Яке призначення технічних умов?
2. Які загальні та спеціальні технічні умови на зварну конструкцію?

¹ Фактичні або віртуальні дані Підприємства, яке надалі визначено студентом для використання в якості виробника заданого йому Зварного виробу, а також результати конструкторсько-технологічного аналізу, результати самостійної роботи тощо.

3. Які загальні характеристики зварювального виробництва необхідні під час проектування технологічних процесів?
4. Які параметри виробничих характеристик зварювального виробництва істотно впливають на результати проектування технологічних процесів?
5. Для чого необхідні базові параметри характеристик Підприємства?

Заняття № 2.

ВИЗНАЧЕННЯ БАЗОВОГО І ВЛАСНОГО ВАРІАНТІВ РОЗЧЛЕНУВАННЯ ЗВАРНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВИРОБУ НА СКЛАДАЛЬНІ ОДИНИЦІ ТА ДЕТАЛІ

Тематичне завдання заняття: *з'ясувати* необхідність багатоваріантності технологічних процесів, *визначити* доцільність побудови технологічних схем складання для порівняння варіантів технологічних послідовностей виготовлення зварних конструкцій, *опанувати* типовий алгоритм побудови технологічних схем складання-зварювання зварних конструкцій та *з'ясувати* особливості базового і власних варіантів розчленування зварної конструкції на складальні одиниці та деталі.

Основні відомості

Основою проектування **раціональних** (оптимальних) технологічних процесів є їх **багатоваріантність**. Багатоваріантність технологічних процесів ґрунтується на різних техніко-економічних чинниках, в тому числі, на багатоваріантності конструкцій зварних виробів, яка основана зокрема на можливостях вибору різних:

- типів зварних з'єднань, в тому числі варіантів розкриття крайок;
- видів складання¹ для зварювання;
- варіантів розчленування зварної конструкції на складальні одиниці і деталі.

¹ ДСТУ 2390.

Сутність процесів розчленування заданого Зварного виробу полягає в утворенні певної ієрархії між складальними одиницями різних рівнів і деталями зварного виробу.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що заданий Зварний виріб зазвичай розглядається як *складальна одиниця нульового рівня*, тобто він є готовим виробом, який утворюється шляхом загального складання. Складальні одиниці (зварні конструкції), що безпосередньо входять до готового зварного виробу в процесі загального складання, називаються *складальними одиницями першого рівня*. До складу цих складальних одиниць входять більш прості складальні одиниці (як правило, зварні секції та блоки), що обробляються в процесах вузлового складання, а секції та блоки складаються із зварних вузлів – складальних одиниць ще більших порядків. Зрозуміло, що *окремі деталі* можуть входити як безпосередньо до складеного виробу, так і до складальних одиниць будь-якого рівня.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що **процес розчленування конструкції зварного виробу, як правило, відбувається на стадії конструкторського підготовки виробництва під час відпрацювання цієї конструкції на технологічність. Конструктори працюють разом із технологами.** Результатами такої роботи стають зокрема остаточні рішення щодо вузлового та загального складання.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що технологічні процеси складання конструкцій зварних виробів з одного боку відрізняються безмежним різноманіттям, з іншого боку вони мають цілком певні спільні ознаки, тому розчленування конструкції Зварного виробу на складові елементи (*складальні одиниці* – агрегати, вузли, підвузли тощо, та *деталі*, що входять або до складу самої конструкції зварного виробу, або до складу складальних одиниць цієї конструкції) виконується у відповідності до видів і форм організації процесів складання, які, в свою чергу, визначаються в залежності від *стадії процесу* (попереднє, проміжне, складання під зварювання, остаточне складання), від *переміщень виробу* (стаціонарне або рухоме, рис. 2.1), від *хара-*

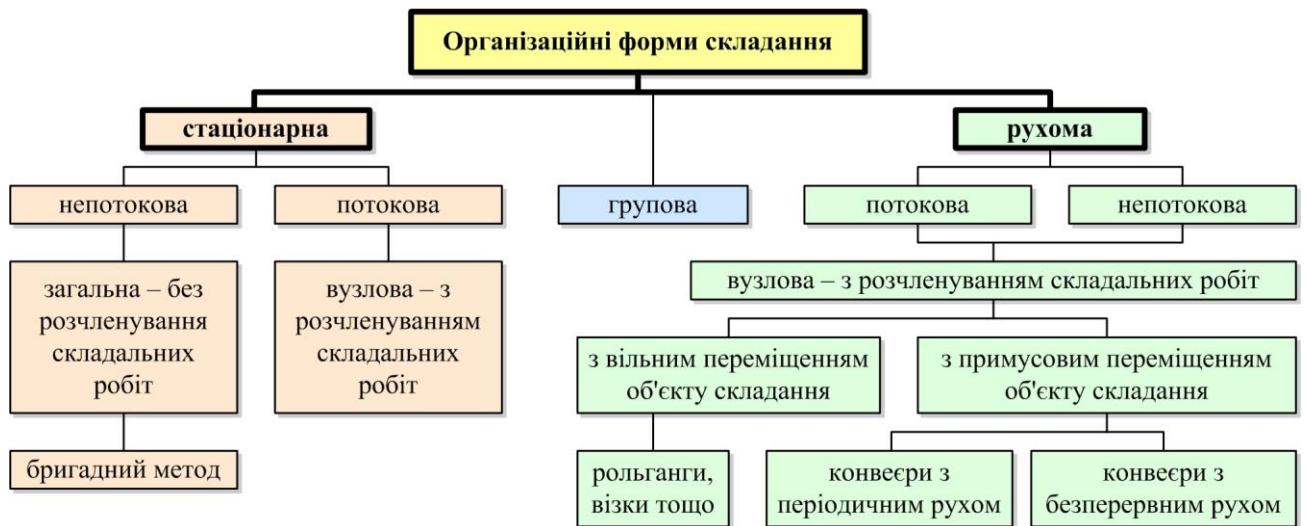


Рис. 2.1. Організаційні форми процесів складання

ктеристики виробництва та методу виконання процесу (потокове, групове, ручне, механізоване, автоматизоване, автоматичне), від методу забезпечення точності замикальної ланки (з повною чи неповною або з груповою взаємозамінністю, з допасуванням, з регулюванням, з компенсувальними матеріалами).

Розчленування (декомпозиція) зварної конструкції на складальні одиниці та деталі здійснюється для подальшого:

- визначення *варіантів раціональної побудови ієрархічної структури* заданого зварного виробу;
- узагальнення варіантів *технологічних схем складання-зварювання* заданого Зварного виробу.

В **одиничному** виробництві зварних виробів інколи буває, що погоджуються з виробничими втратами, які пов'язані з конструктивно-технологічною недосконалістю зварних конструкцій, і, як наслідок, варіантність конструкцій не розглядається, відповідно, їхня технологічність не оцінюється. Інакше кажучи, в одиничному виробництві створена конструкторами в єдиному варіанті зварна конструкція вважається вже довершеною і повністю технологічною, якими б ресурсами і витратами не досягалось її якісне виготовлення. Така ситуація виправдовується тим, що відпрацювання конструкції на більшу технологічну досконалість, з одного боку, може мати незначні виробничі результати (наприклад щодо собівартості, трудомісткості, матеріалоємності тощо), а з іншого – витра-

чається додатковий час і витрачаються матеріальні ресурси на роботи для зменшення тих самих втрат.

Все ж таки в **одиночному**, тим більше, в **серійному** і **масовому** виробництвах у разі конструктивно-технологічної недосконалості зварних виробів втрати, пов'язані з такою низькою технологічною досконалістю конструкцій, тиражуються і загальний результат цих втрат може стати таким значним, що виникає доцільність робіт стосовно опрацювання технологічності зварних конструкцій, як на стадії конструкторського підготовлення виробництва, так і в подальшому під час поставлення зварних виробів на виробництво. Відповідно, багатоваріантність зварних конструкцій і технологічних процесів їх виготовлення дозволяє знайти і призначити найбільш довершений варіант виробництва зварних виробів.

Під час розроблення варіантів розчленування зварної конструкції на складальні одиниці беруться до уваги наступні *рекомендації*:

- необхідно максимально спростувати конструкції зварних вузлів за рахунок збільшення їх кількості і зменшення числа в них деталей;
- бажано розміщувати зварні шви таким способом, щоб вони розташовувались симетрично і якнайближче до центру тяжіння перерізу; це дозволяє зменшити величину зварювальних деформацій (залишкових напружень);
- має бути базова деталь, яка є основою для розташування решти складових частин зварної конструкції і яка має поверхні, зручні для її установлення і закріплення в процесі складання; має бути можливість використання конструкторських баз в якості технологічних і вимірювальних баз;
- необхідно забезпечувати максимальну доступність місць зварних з'єднань і розміщати їх в зручному для зварювання положенні, але з мінімальною необхідністю переміщень зварюваного вузла; бажано щоб зварні шви розташовувались в одній або декількох паралельних площинах;
- в одній складальній одиниці нераціонально використовувати декілька різних способів зварювання;

- конструкція складальної одиниці має бути достатньо жорсткою і зручною для транспортування під час виготовлення для виключення можливості її деформування при переміщенні з однієї робочої позиції до іншої.

ПРИКЛАД. Вихідні дані (за результатами попередньо виконаного конструктивно-технологічного аналізу заданого Зварного виробу – *Опора*, рис. 2.2, а)

Опора призначається для роботи у складі спеціального мобільного пристрою «*Станель 21-2-2*», який використовується під час відновлювального ремонту гусеничного кар'єрного екскаватора НІТАСНІ (об'єм розвантажувального ковша 27 м³). *Опора* функціонує наступним чином (рис. 2.2, б...в): нижньою частиною («*Швелер*») вона встановлюється на ґрунт, а її верхня частина («*Плато*») служить опорною поверхнею для одного з гвинтових домкратів, утворюючи базову поверхню пристрою «*Станель 21-2-2*». Опорна поверхня гвинтового домкрата приварюється до верхньої частини *Опори* («*Плато*») при монтажі мобільного пристрою. *Опори* (з привареними гвинтовими домкратами) – виробу одноразового використання.

Основні умови роботи *Опори* - статичний характер робочого навантаження. Номінальна (прийнята в розрахунковій схемі) вантажопідйомність *Опори*¹ – 200 кН. Оскільки *Опора* – виріб одноразового використання, решта характеристик умов роботи, у тому числі атмосферні дії, запиленість, забрудненість, корозійні дії – не впливають на вимоги до технологічних процесів виготовлення цієї зварної конструкції. Габаритні розміри *Опори* (довжина × ширина × висота) – 800×400×1100 мм; маса зварного виробу - 106 кг; для переміщення необхідне застосування вантажопідйомних машин. Конструкція виробу – жорстка.

Розроблені 3 варіанти побудови ієрархічної структури *Опори* (рис. 2.3).

Перший варіант структури *Опори* передбачає повне складання виробу (прихоплюванням) з одних лише деталей (в тому числі тих, які за конструкторською документацією мають складати зварний вузол *Стояк*) із подальшим зва-

¹ Розрахункова вага гусеничного кар'єрного екскаватора прийнята ~5 МН (маса спорядженої машини ~500 т).

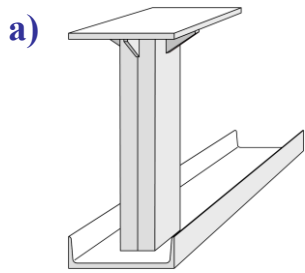
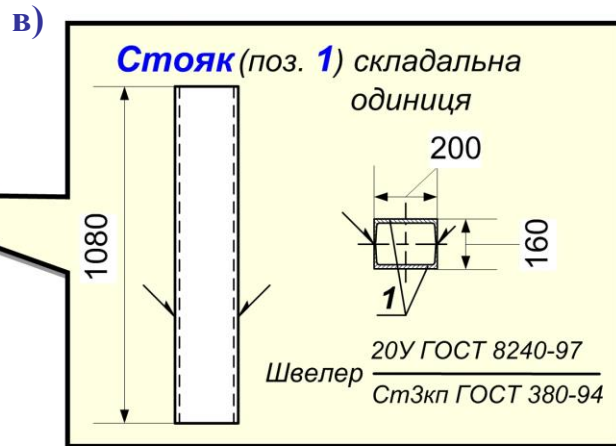
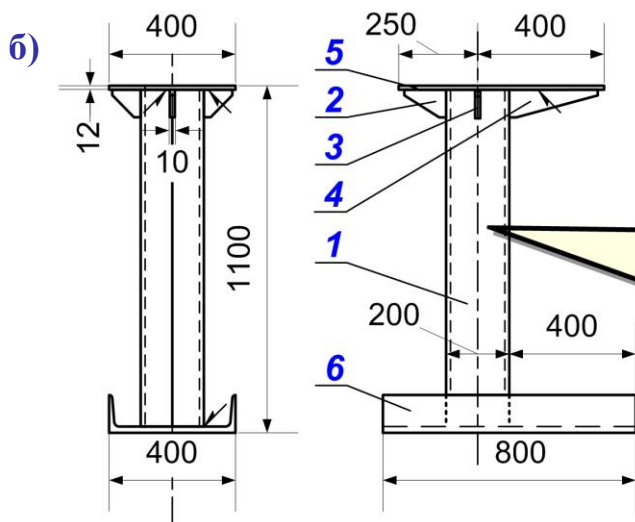
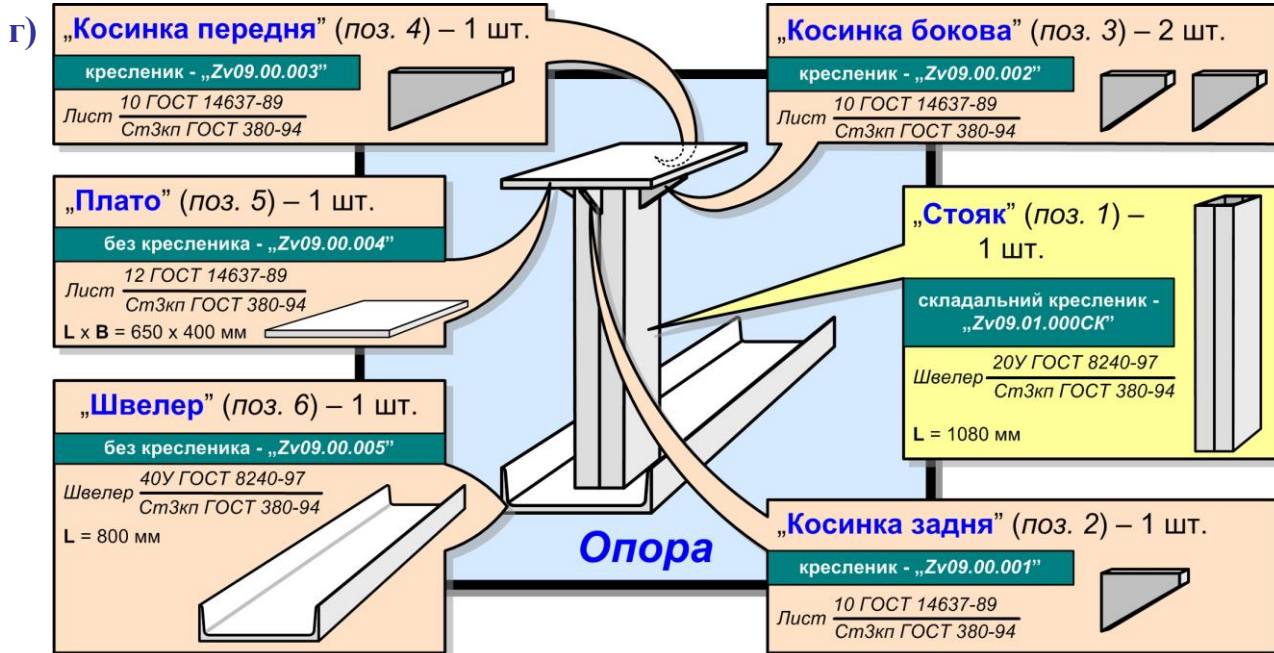


Рис. 2.2. Опора мобільного пристрою для відновлювального ремонту гусеничного кар'єрного екскаватора:
а – загальний вигляд; **б** - конструкція «Опори»; **в** – конструкція «Стояку»; **г** - варіант розчленування зварного виробу «Опора» на складові деталі та зварні вузли (складальні одиниці)



Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
A3			Zv09.00.000СК	Складальний кресленик		
A4				Складальні одиниці		
A4	1		Zv09.01.000СК	Стояк	1	
				Деталі		
A4	2		Zv09.00.001	Косинка задня	1	
A4	3		Zv09.00.002	Косинка бокова	2	
A4	4		Zv09.00.003	Косинка передня	1	
Б/К	5		Zv09.00.004	Лист 12 ГОСТ 14637-89 Ст3кп ГОСТ 380-94 L x B = 650 x 400 мм	1	
Б/К	6		Zv09.00.005	Швеллер 40У ГОСТ 8240-97 Ст3кп ГОСТ 380-94 L = 800 мм	1	

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
A4			Zv09.01.000СК	Складальний кресленик		
Б/К				Деталі		
Б/К	1		Zv09.01.001	Швеллер 20У ГОСТ 8240-97 Ст3кп ГОСТ 380-94 L = 1080 мм	2	



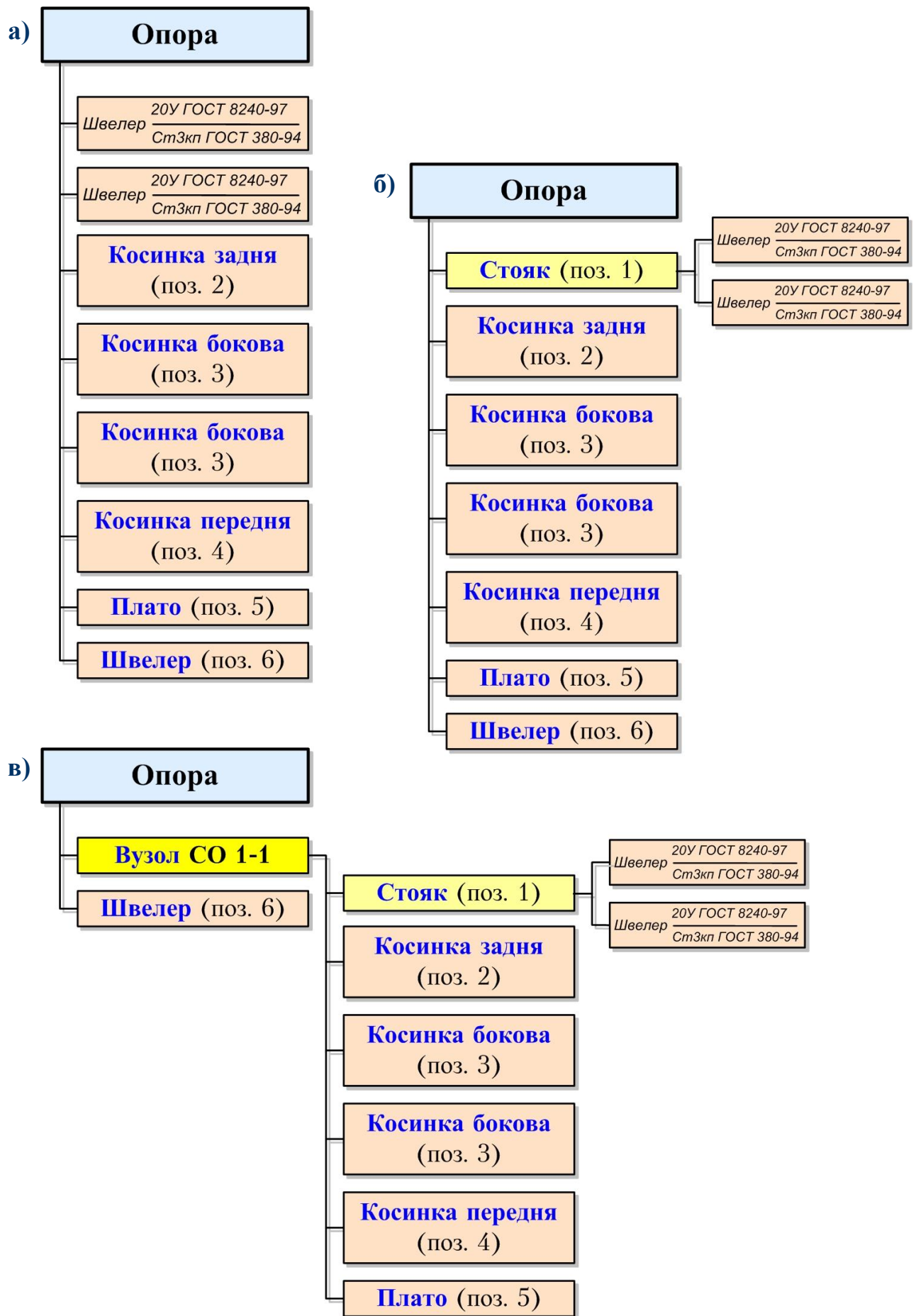


Рис. 2.3. Варіанти ієрархічної структури *Опори*

рюванням всіх швів (рис. 2.3, а). В цьому варіанті базовою деталлю є один з двох однакових *Швелерів* (поз. 1, рис. 2.2, в), які в конструкторській документації складають *Стояк* (теж поз. 1, рис. 2.2, б). Наслідком такої невдалої побудови структури стане під час складання-зварювання, зокрема, занадто складна конструкція складально-зварювального пристрою.

В другому варіанті побудови ієрархічної структури *Опори* (рис. 2.3, б) наявна складальна одиниця вищого рівня – зварний вузол *Стояк*. Конструктором *Опори* передбачається попереднє зварювання *Стояка*, в тому числі можливість зварювання між собою прокатних швелерів (довжиною 6...12 м) з подальшим розрізанням звареної коробчастої конструкції на мірні довжини вузла *Стояк* ($L=1080$ мм).

Можливий і третій варіант структури *Опори* (рис. 2.3, в). Як і в другому варіанті, тут на першій робочій позиції зварні вузли *Стояк* виготовляються розрізаними з коробчастої конструкції. Але цей варіант передбачає утворення тимчасової складальної одиниці, яка існує виключно під час виготовлення *Опори*. Такий тимчасовий зварний вузол відсутній в конструкторській документації, але введення його до структури *Опори* істотно спрощує складально-зварювальні операції, оскільки надалі зникає необхідність переустановлення *Опори*. За цим варіантом додається ще одна –робоча позиція (друга) складання-зварювання в складально-зварювальному пристрої послідовним нарощуванням зварного вузла (після установаження базова деталь *Плато* послідовно складається прихоплюванням під зварювання з вузлом *Стояк* та всіма іншими деталями *Косинками*) та подальшим зварюванням всіх швів у нижньому положенні. На третій робочій позиції передбачається установаження тимчасової складальної одиниці на базову деталь *Швелер* (в свою чергу установажена в складально-зварювальному пристрої). Після прихоплювання тимчасової складальної одиниці до *Швелеру* (поз. 6, рис. 2.2, б) та подальшого зварювання всіх швів у нижньому положенні – виріб *Опора* стає готовим - звареним.

Звісно можуть бути розроблені інші варіанти структури *Опори*.

Другий і третій варіанти структури вибираються для подальшого розроблення (в залежності від типу виробництва *Опори* – програми випуску, один з них буде більш раціональним).

В зварювальному виробництві використовуються різні технологічні процеси складання-зварювання, які узагальнюються наступними схемами:

- попереднє розчленування на прості складальні одиниці, які надалі складаються в більш крупні зварні вузли і наприкінці здійснюється остаточне складання-зварювання виробу – використовується для зварних конструкцій, що містять велику кількість деталей;

Така технологічна схема складання-зварювання зазвичай забезпечує достатньо високу технологічність конструкцій як окремих складальних одиниць, так і всієї зварної конструкції в цілому:

- є можливість кращого доступу до місць виконання зварювання, а також до виконаних зварних з'єднань для здійснення контрольних операцій;
 - зменшується рівень залишкових зварювальних напружень в результаті зменшення жорсткості конструкцій складальних одиниць у порівнянні з цілою конструкцією виробу; з'являється можливість зменшення зварювальних деформацій шляхом їх компенсації під час складання-зварювання всієї зварної конструкції в цілому;
 - спрощується механічне оброблення деталей і зварних вузлів за рахунок зменшення їх габаритів і маси, а також кращого доступу до місць оброблення;
 - з'являється можливість впровадження принципу паралельності в організації виготовлення складальних одиниць, що забезпечує скорочення тривалості виробничого циклу, економію робочого часу і скорочення періоду обертання обігових коштів підприємства.
- виготовлення зварної конструкції здійснюється шляхом поступового нарощування за рахунок послідовного приєднання до неї деталей та раніше виготовлених зварних вузлів;

Ця технологічна схема майже подібна попередній, але не використовується можливість одночасного і паралельного виготовлення складальних одиниць зварного виробу. Крім того, замість вузлого і остаточного складання використовується загальне складання всього виробу.

— спочатку здійснюється послідовне складання конструкції виробу з окремих деталей, після чого здійснюється зварювання швів всіх з'єднань.

Конструкція стає більш жорсткою порівняно з окремими зварними вузлами, значення деформацій конструкції після зварювання теж зменшуються, але завдяки цьому в конструкції з'являється більший рівень залишкових зварювальних напружень.

ПРИКЛАД. Побудова **технологічної схеми складання** (ТСС) Зварного виробу (складальної одиниці – СО) *Опора* (рис. 2.4).

1 крок. Підготовки поля ТСС. На аркуші проводяться горизонтальні лінії, якими позначаються рівні СО (рис. 2.4). Для складальної одиниці *Опора* визначаються три рівні: **СО 0 + СО 1 + загальне складання**.

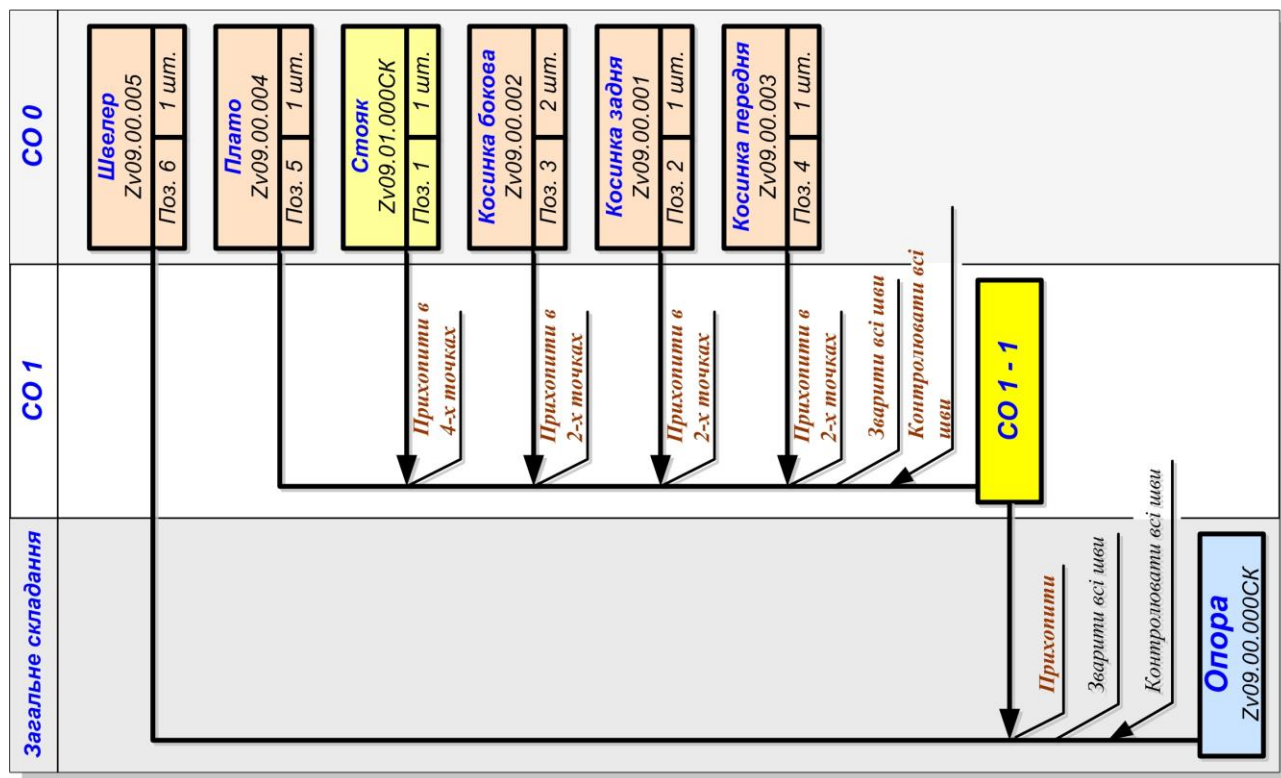


Рис. 2.4. Технологічна схема складання виробу *Опора* (зварної конструкції *Опора*)

За загальноприйнятими правилами рівнева ієрархія складальних одиниць ТСС протилежна структурній ієрархії складальних одиниць Виробу. На відміну від ієрархічної структури, за якої готовий виріб визначається як складальна одиниця нульового рівня, в технологічній схемі складання Зварного виробу складальні одиниці нульового порядку – **СО 0** – це елементи, що не вимагають складання: деталі і сторонні вироби, що не вимагають складання в межах виготовлення даного Виробу, тобто – це **нуль складання**.

В інших випадках, якщо не визначено, якого рівня СО може зустрітись під час проектування, кількість рівнів слід обирати з запасом. Допускаються незаповнені вищі рівні.

2 крок. Визначення базових деталей СО всіх рівнів. На основі раніше визначених варіантів раціональної побудови ієрархічної структури заданого Виробу виявляється базова деталь **СО 0** всієї зварної конструкції (на ній розташовується решта всіх елементів Виробу), обирається певний (попередній) варіант розчленування виробу на складові СО (конструкторські, технологічні, функціональні), після чого у кожній наміченій попереднім розчленуванням СО призначається своя базова деталь (за тими ж принципами, що і для всього Виробу).

3 крок. Проектування ТСС (початок). На підготовленому полі ТСС зображається базова деталь всього зварного виробу. Для Зварного виробу *Опора* це *Швелер* (поз. 6, рис. 2.2, б).

4 крок. Проектування ТСС (продовження). До базової деталі на рівні загального складання приєднуються інші елементи (деталі і складальні одиниці – зварні вузли) в черговості, яка впливає із простоти з'єднання, тобто будь-яку деталь бажано приєднувати, доки складана СО не обросла іншими елементами. З цих міркувань до базового *Швелера* прихоплюється тимчасова складальна одиниця **СО 1 – 1**.

5 крок. Проектування ТСС (завершення). Очевидно, що вся решта елементів зварної конструкції входить до складу тієї самої складальної одиниці **СО 1 – 1**, тобто вони можуть приєднуватись лише під час попереднього вузло-

вого складання *СО 1 – 1*. За обраним варіантом ієрархічної структури заданого Зварного виробу зварний вузол *Стояк* (поз. 1, рис. 2.2, в) утворюється попереднім складанням-зварюванням двох однакових деталей – мірних швелерів №20У, кожен завдовжки 1080 мм. В технологічній схемі складання виробу *Опора* вузол *Стояк* указується як складальна одиниця «нульового» рівня (рис. 2.4). Складальна одиниця «першого» рівня формується на базовій деталі *Плато* (поз. 5, рис. 2.2, б).

Завдання

1. Під час самостійної роботи перед початком занять ознайомитись з «Основними відомостями» стосовно складу робіт для кожного етапу визначення базового і власного варіантів розчленування зварної конструкції виробу на складальні одиниці та деталі і взаємозв'язків між цими етапами.
2. На занятті провести обговорення матеріалів, які викладені в «Основних відомостях», звертаючи особливу увагу на основні вимоги розчленування зварної конструкції виробу на складальні одиниці та деталі (на прикладі зварних конструкцій, виданих студентам для самостійної роботи у вигляді конструктивних схем).
3. Використовуючи інформацію, надану в «Основних відомостях» (додатково – в рекомендованій літературі), скласти технологічні схеми складання-зварювання для зварних конструкцій, виданих студентам для самостійної роботи у вигляді конструктивних схем. Надати, як мінімум, два варіанти розчленування зварної конструкції на складальні одиниці і деталі – базовий і один власний. Базовий варіант розчленування має ґрунтуватись на конструкції зварного виробу, що виготовлявся, наприклад, на Підприємстві, де відбувалась виробнича практика. Власним варіантом розчленування передбачається розроблення іншої можливої ієрархічної структури зварного виробу з подальшим обґрунтуванням раціональності такої структури. Звичайно, студент може розглянути декілька власних варіантів розчленування зварної конструкції (з обов'язковим обґрунтуванням раціональності розроблених варіантів ієрархічної структури). Для

кожного із раціональних варіантів ієрархічної структури заданого виробу необхідно спроектувати технологічні схеми складання (складання-зварювання) зварної конструкції, на підставі яких надалі будуть сформовані (розроблені) варіанти алгоритмів технологічних процесів складання-зварювання заданого виробу.

4. Зробити висновки стосовно розчленування зварної конструкції виробу на складальні одиниці та деталі та доцільності розроблення технологічних схем складання-зварювання, зокрема для зварних конструкцій, виданих студентам для самостійної роботи у вигляді конструктивних схем.

Контрольні запитання

1. Які вимоги до зварного виробу мають бути з'ясовані до початку розчленування його конструкції?
2. Для чого розробляється розчленування зварної конструкції виробу на складальні одиниці та деталі? Які рекомендації беруться до уваги під час такого розчленування?
3. Які особливості багатоваріантності технологічних процесів зварювального виробництва характерні для різних типів виробництва?
4. Які методичні засади побудови технологічних схем складання-зварювання?
5. Для чого використовуються технологічні схеми складання-зварювання зварних конструкцій? Чи можна відмовитись від побудови таких схем?
6. Які переваги технологи одержують завдяки складанню ТСС?
7. Які служби проводять розроблення ТСС?
8. Чи входять ТСС до складу конструкторської або технологічної документації Зварного виробу? Як обирати раціональний варіант розчленування Зварного виробу?

Заняття № 3.

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК І ДЕТАЛЕЙ ЗВАРНОГО ВИРОБУ

Тематичне завдання заняття: *з'ясувати* потреби у виготовленні деталей, *визначити* необхідність виготовлення заготовок деталей із напівфабрикатів, *визначити* необхідність виготовлення деталей із заготовок, *опанувати* типові алгоритми підготовчих, заготівельних і обробних процесів виготовлення деталей

зварних конструкцій та з'ясувати особливості технологічних процесів оброблення заготовок.

Основні відомості

Під час проектування технологічних процесів виготовлення заданої зварної конструкції має бути визначеність щодо параметрів характеристик і властивостей деталей, що входять до складу зварного виробу, насамперед:

- розмірних характеристик форми і поверхонь (точність, шорсткість тощо);
- фізико-хімічних властивостей зварюваних поверхонь (залежить від обраної технології оброблювання цих поверхонь);
- габаритів і мас заготовок і деталей (для забезпечення процесів транспортування та навантаження-розвантаження).

Визначення параметрів характеристик і властивостей деталей зварного виробу здійснюється за результатами **конструктивно-технологічного аналізу**, а також ці параметри надаються в матеріалах конструкторській документації, якими, зокрема, має враховуватись **розчленування зварних конструкцій** всіх рівнів на деталі. Відповідність параметрів характеристик і властивостей деталей тим параметрам, що задаються в конструкторській документації, забезпечується прогресивними заготівельними і оброблювальними технологічними процесами (що задіяні у зварювальному виробництві, наприклад, на Підприємстві, де відбувалась виробнича практика, або за вільним вибором студента на підставі результатів опрацювання заданого Зварного виробу).

Підготовчі процеси. Підготовчі процеси зосереджуються головним чином в цеху підготовки металу. Основними виробничими завданнями цього цеху є: *завантаження, приймання, сортування, правлення, очищення, маркування, зберігання і видача скмплектованих наборів металу* в цехи заготівельного виробництва (або в цехи оброблення).

Замовлення металу для виробництва зварних конструкцій формується на підставі *технічних специфікацій*, в яких вказуються марки, профілі і кількість

металу із зазначенням розмірів за довжиною і шириною (для листового прокату).

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що в технічних специфікаціях вказується *теоретичне обчислення маси деталей* без обліку відходів і припусків на їх оброблення. Тому далі на підставі технічних специфікацій і з врахуванням планів випуску зварних конструкцій складаються *комплектувальні відомості* металу за марками, видами прокату і перетинів. В комплектувальних відомостях зазначаються відомості щодо потреби металу на зварні конструкції, які включені в виробничі плани, і щодо залишків металу на складі. На підставі комплектувальних відомостей складаються *замовні специфікації*, в яких вже враховуються припуски на оброблення.

Замовлення сортових профілів прокату здійснюється, як правило, за стандартними довжинами, зазначеними в нормативних документах на сортамент (ГОСТ, ТУ тощо), або можуть замовлятися мірні відрізки прокату. Прокат листової сталі замовляється із врахуванням точності прокатування, площинності, характеру крайки, за розмірами.

Приймання металопрокату, а також загальні правила *маркування, упакування, а також транспортування, зберігання та оформлення документації* на сортовий і фасонний прокат, заготовки литі і ковани, гнуті профілі, листи, стрічки і штаби встановлюються ДСТУ 3058 (ГОСТ 7566).

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що кожна партія металопродукції, яка надходить з металургійного підприємства, повинна супроводжуватися документом (сертифікатом), що засвідчує відповідність її замовленню та вимогам нормативів. В процесі приймання металу (розвантаження і сортування), який надійшов на підприємство, складаються *оформленням приймального акта*. В приймальному акті вказується, перш за все, профіль металопрокату, кількість штук кожного розміру, марка металу (за маркуванням), маса тощо. Після завершення приймання інформація приймального акту вноситься до комп'ютерної бази даних підприємства.

Складування і зберігання металопрокату здійснюється в складах, в функції яких, крім вивантаження і приймання металу часто входять функції *обліку, зберігання та видачі* матеріалів на оброблення за замовленнями заготівельних і оброблювальних виробництв (попереднє правлення, попередній розкрій, очищення поверхні, в т.ч. розконсервація поверхні металу з легких і спеціальних сплавів, передача металу на видаткову частину складу).

Попереднє правлення металопрокату, який надходить на підприємство, передбачається для усунення відхилень геометрії форми профілю - від площинності і/або прямолінійності поперечного перерізу. Для правлення металопрокату застосовуються в основному три типи правильних машин: ротаційні машини, преси і розтяжні машини.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що більшість видів відхилень геометрії форми прокатної сталі (хвилястість, кривизна, скручування, ухили граней полиць, смалковка і размалковка кутиків, перегини, загини, заломы, коробоватість листової сталі) успішно виправляється операціями попереднього правлення, яке застосовується для виправлення металопрокату до його оброблення.

Для заготовок після вирізання, для деталей після оброблення та для зварних конструкцій після зварювання за необхідності також застосовуються операції правлення.

Очищення поверхні металевих матеріалів застосовується для видалення з поверхні металу іржі, окалини, засобів консервації, забруднень, залишків мастильно-охолоджуючих рідин, задирок і ґрату. Очищення металу відбувається *механічними і хімічними* методами.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що металопрокат, що надійшов на підприємство, буває частково або повністю покритий іржею (продуктом атмосферної корозії) та/або окалиною (відшаровується окисною плівкою), яка утворюється в результаті прокатування або термооброблення. Далі, під час зберігання металопрокату на відкритому повітрі покрита окалиною поверхня частково руйнується тією ж атмосферною корозією. Крім

іржі і окалини на поверхні металу можуть знаходитись і інші об'єкти, що ускладнюють процеси оброблення, в тому числі, процеси зварювання, об'єкти, які створюють дефекти зварних швів, які перешкоджають нанесенню захисних покриттів. Найбільш ретельно потрібно очищати метал під час застосування контактного точкового і роликового зварювання, а також під час зварювання кольорових металів

Для захисту поверхні металопрокату на міжопераційний період виготовлення з нього конструкцій часто передбачається **консервація** – ґрунтування швидковисихаючими ґрунтовками, які не перешкоджають зварюванню.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що попереднє очищення і подальше ґрунтування металопрокату створює ряд переваг в порівнянні з виконанням цих робіт на готових металоконструкціях.

Очищенню підлягає не тільки вихідний напівфабрикатний металопрокат, але і заготовки з нього, а також деталі і зварні конструкції. В залежності від призначення і способу виготовлення заготовок, деталей і зварних вузлів, від виду і стану поверхні матеріалу, очищення здійснюється або перед запуском металопрокату в оброблення, або після виготовлення деталей до їх складання. В більшості випадків гарячекатаний прокат очищається від окалини та іржі до його оброблення.

Заготівельні і обробні процеси у виробництві зварних конструкцій. Заготівельна стадія зварювального виробництва розпочинається після доставляння вихідних матеріалів від цеху підготовки металу в виробничі підрозділи підприємства, які займаються виготовленням заготовок деталей зварних конструкцій (заготівельний цех).

Обробна стадія зварювального виробництва містить технологічні процеси оброблення напівфабрикатів (насамперед, металопрокату) і заготовок. Цими технологічними процесами здійснюється подальший перехід «заготовки» в стадію «деталь».

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що такі технологічні процеси включають кілька основних *технологій оброблення та утворення форми*, насамперед:

- технологічні процеси *вальцювання та згинання* заготовок і деталей з листового і профільного металопрокату;
- технологічні процеси *штампування* (листового та об'ємного) і *кування*;
- технологічні процеси *механічного оброблення заготовок* (в тому числі заготовок, одержаних розділовим різанням, виправлених, деформованих згинанням або штампуванням, виготовлених куванням, литтям, наплавлених тощо);
- технологічні процеси *утворення отворів* (оброблення отворів);
- технологічні процеси *механічного оброблення крайок* деталей під зварювання.

Розкроювання матеріалів металевих зварних конструкцій на ділові частини – *заготовки* в сучасному зварювальному виробництві, перш за все листового металу, виконується з використанням автоматизованого устаткування (на установках з ЧПУ). Для решти металу перед розділовим різанням (механічним, термічним тощо), як правило, необхідно виконувати операції, пов'язані з нанесенням на його поверхні контурів деталей з припусками на оброблення, нанесенням місць і видів оброблення – операції *розмічання і намічання*. Заодно з розмічанням виконується *маркування* заготовок (всі розмічені заготовки деталей незалежно від способу їх виготовлення маркуються).

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що розрізняються *індивідуальний, змішаний і груповий* розкрій листового металу. Крім того, розкрій може бути *маловідходних, з відходами та безвідходним*.

З метою досягнення максимальної економії листового металу під час розмічання готуються *карти розкрою*.

Найбільш повне використання листового металу досягається за умови розміщення спочатку більш великих деталей, потім середніх і, нарешті, малих. Під час розкрою необхідно стежити за тим, щоб максимально використовувати вільні місця, що залишилися в проміжках між деталями і вирізами в окремих де-

талях. Деталі, які мають форму прямокутника, трикутника, трапеції або ламаної лінії, доцільно розташовувати зустрічним порядком. Деталі, які мають Т-подібну, Г-подібну і інші подібні форми, також слід розташовувати зустрічним порядком. Деталі, які мають форму кола, кільця, півкільця, правильного багатокутника, розташовуються паралельно або в шаховому порядку з максимальним використанням вільних місць на листі.

Під час різання листа на механічному устаткуванні розташування деталей в розкрійних картах має забезпечити можливість здійснювати різання за прямими лініями. В картах розкрою, призначених для механічного різання, повинні зазначатися лінії розрізу окремих деталей листового металу і послідовність вирізання окремих деталей.

Для розмічання профільного прокату на спеціально обладнані стелажі зазвичай одночасно укладається декілька прокатних профілів однакових розмірів і марок. *Розмічаються* довжина деталі, скоси, вирізи, отвори, лінії приварювання суміжних деталей, лінії зломів тощо.

Заготовки деяких профільних деталей складної кривизни розмічаються двічі. Перший раз вони розмічаються до згинання з припусками 100...200 мм за довжиною, без повного маркування (проте, щоб можна було визначити, за яким шаблоном була зігнута деталь). Повторне розмічання таких деталей виконується після згинання. При цьому спеціальним шаблоном перевіряється якість згинання, прикладаючи його за площиною деталі. Робочі крайки шаблону поєднуються з крайками деталі, які примикають під час складання конструкцій до інших деталей.

Розділове різання листового і профільного металопрокату є одним з основних технологічних процесів під час виготовлення заготовок і деталей для виробництва зварних конструкцій є (табл. 3.1).

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що до розділових операцій відносяться *відрізання, розрізання, вирубування, пробивання, обрізання, надрізання, проколювання і зачищення*.

Таблиця 3.1

Область застосування основних способів розділового різання

Способи розділового різання	Матеріал	Товщина, мм	Форма крайок різу	Засоби технологічного спорядження
механічне	конструкційні сталі	до 12	прямолінійні криволінійні	ножиці, відрізні верстати, штампи на пресах
термічне	алюмінієві сплави титанові сплави	до 16	любі	автоматизовані установки лазерного різання
	конструкційні сталі алюмінієві сплави	3...30 3...80		автоматизовані установки: стаціонарні та мобільні
	конструкційні сталі титанові сплави	3...300 4...100		ручні, механізовані та автоматизовані установки і машини
гідравлічне (гідроабразивне)	конструкційні сталі алюмінієві сплави титанові сплави	до 150		автоматизовані установки

В виробництві зварних конструкцій застосовуються *механічні, термічні і гідравлічні* способи розділового різання.

Оброблення заготовок і деталей зварних конструкцій відбувається *вальцюванням та згинанням* заготовок і деталей з листового і профільного металопрокату, *штампуванням і куванням*, *механічним обробленням заготовок* (в тому числі заготовок, одержаних розділовим різанням, виправлених, деформованих згинанням або штампуванням, виготовлених куванням, литтям, наплавлених тощо), *утворенням отворів* (обробленням отворів), *механічним обробленням крайок* деталей під зварювання.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що для розуміння технологічних процесів оброблення необхідно нагадати, що заготовка, як правило, має *принуски*, які видаляються в процесі оброблення і формуут-

ворення деталі. Значення припусків і допусків встановлюються нормативами, за дослідно-статистичними даними або розрахунково-аналітичним методом.

В зварних конструкціях широко застосовуються *гнуті* профілі з листового прокату (вони економніші за прокатні профілі). Згинання заготовок обичайок для виготовлення циліндричних ємностей, труб, конусів, елементів сферичних ємностей, корпусів судів, кожухів доменних печей і заготовок інших аналогічних конструкцій або їх елементів виконується на *листоозгинальних машинах (вальцях)*. Згинання спеціальних листових профілів, відгинів, листів з гофрами необхідного перетину проводиться на *листоозгинальних (крайкозгинальних) верстатах, пресах і машинах* (зигмашини, відбортовувальні машини тощо), для згинання заготовок із профільного і трубного прокату використовуються різні сортозгиначі.

В зварних конструкціях широко використовуються *штамповані* заготовки і деталі. Застосовуються два основних види штампування - *листо́ве* (якщо один з вимірів заготовки, що деформується, дуже малий в порівнянні з двома іншими вимірами - лист до 10...12 мм) і *об'ємне* (в інших випадках). В виробництві зварних конструкцій основними видами *холодного листового* штампування є *вирубування, пробивання, витягування і формування*. Найбільш поширеними деталями зварних конструкцій, які виготовляються *об'ємним гарячим* штампуванням, є *заглушки (днища) зварних ємностей, посудин, що працюють під тиском, кільця, горловини, пелюстки сферичних і інших резервуарів, елементи зварних станин, деталі енергетичних машин тощо*.

В зварювальному виробництві для оброблення поверхонь, крайок, виконання отворів і різання деталей зварних конструкцій застосовуються технологічні процеси *механічного оброблення*. Механічне оброблення поверхонь заготовок, деталей і вузлів зварних конструкцій виконується *різанням*. Механічне оброблення виконується на металорізальних верстатах: *токарних, свердлильних, фрезерних, шліфувальних, зачисних і стругальних, довбальних*. Основні технологічні процеси механічного оброблення: *точіння, свердління, фрезерування, стругання, шліфування*.

Завдання

1. Під час самостійної роботи перед початком занять ознайомитись з «Основними відомостями» і визначитись стосовно параметрів виробничих характеристик деталей зварних конструкцій у відповідності до змісту ТУ та особливостей виготовлення продукції на Підприємстві.
2. На занятті провести обговорення матеріалів, які викладені в «Основних відомостях», звертаючи особливу увагу на конструктивні та технологічні особливості деталей зварних виробів, виданих студентам для самостійної роботи у вигляді конструктивних схем, а також на параметри виробничих характеристик зварювального виробництва українських підприємств.
3. Використовуючи рекомендації, наведені в «Основних відомостях», скласти вихідні дані, що використовуються для проектування технологічних процесів виготовлення деталей зварної конструкції (заданого Зварного виробу, виданого студенту для самостійної роботи у вигляді конструктивних схем), обґрунтувати їх походження¹ та надати значення величин параметрів відповідних характеристик (технічних, економічних тощо) вихідних даних.
4. Навести (розроблений) перелік металевих напівфабрикатів для виготовлення конструкцій заданого Зварного виробу – у формі замовних специфікацій; *визначити* (призначений) формат маркування напівфабрикатів після їх надходження на склад Підприємства – виробника заданого Зварного виробу; за необхідності (необхідність обґрунтувати, виходячи із характеристик вихідних металевих напівфабрикатів) *навести* послідовність, склад та зміст технологічних процесів (маршрутний опис), а також *надати* перелік засобів технологічного спорядження для попереднього правлення, попереднього розкрою, очищення поверхонь (в т.ч. розконсервації поверхні металу з легких і спеціальних сплавів), консервації поверхонь – технологічних процесів, які передують передаванню металу на видаткову частину складу; *навести* (розроблену) послідовність, склад та зміст технологічних процесів (маршрутний опис), а також *нада-*

¹ Дані Підприємства – виробника Зварного виробу, які студент одержав під час виробничої практики, або призначив самостійно для навчального завдання стосовно заданого йому Зварного виробу тощо.

ти перелік засобів технологічного спорядження, необхідних для здійснення заготівельних та обробних процесів виготовлення деталей; *визначити* (призначений) формат маркування заготовок і деталей; за необхідності (необхідність обґрунтувати, виходячи із ТУ) *навести* послідовність, склад та зміст технологічних процесів (маршрутний опис), а також *надати* перелік засобів технологічного спорядження, необхідних для здійснення контрольних та випробувальних операцій щодо визначення властивостей поверхонь, припусків та допусків готових деталей заданого Зварного виробу.

Контрольні запитання

1. Яке значення розчленування зварного виробу для розроблення технологічних процесів виготовлення заготовок і деталей зварного виробу?
2. Які загальні та спеціальні технічні умови на заготівельні технологічні процеси зварювального виробництва?
3. Які загальні характеристики обробного виробництва для виготовлення деталей зварних конструкцій?
4. Які вихідні дані необхідні під час проектування технологічних процесів заготівельного виробництва?
5. Які вихідні дані необхідні під час проектування технологічних процесів обробного виробництва?
6. Які параметри виробничих характеристик деталей зварних конструкцій істотно впливають на результати проектування технологічних процесів складання-зварювання в зварювальному виробництві?
7. Для чого необхідні характеристик підготовчого, заготівельного і обробного виробництв Підприємства – виробника зварної конструкції?

Заняття № 4.

ВИЗНАЧЕННЯ БАЗОВОГО І ВЛАСНИХ ВАРІАНТІВ СКЛАДАЛЬНО-ЗВАРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗВАРНОГО ВИРОБУ

Тематичне завдання заняття: *опанувати* алгоритм формування базового технологічного процесу виготовлення зварного виробу, *опанувати* послідов-

ність проектування власних технологічних процесів виготовлення зварного виробу, *визначити* основні відмінності в складанні базового і власних варіантів технологічних процесів виготовлення зварної конструкції, а також *виявити* очікувані результати визначення параметрів цих технологічних процесів.

Основні відомості

Розроблення (визначення) *базового* і **проектування** *власних варіантів* (як мінімум – одного) складально-зварювальних технологічних процесів виготовлення зварного виробу відбувається на основі наявних у студента конструкторсько-технологічних і нормативно-технічних матеріалів (даних і знань), одержаних під час виробничої практики, а також за результатами пошукових робіт з різними інформаційними джерелами – науковими, науково-технічними виданнями, довідниками, періодикою, Інтернетом тощо, які проводяться для виявлення прогресивних і сучасних одиничних, типових і групових технологічних процесів складально-зварювальних виробництв зварних конструкцій-аналогів. Розроблення (проектування) технологічних процесів відбувається за узагальненим алгоритмом (рис. 1.1).

Розроблення (опис) базового варіанту технологічного процесу складання-зварювання Зварного виробу. Для розроблення *базового* варіанту технологічного процесу складання-зварювання використовуються матеріали (вихідні дані), **одержані** (a1) студентом на Підприємстві, де відбувалась виробнича практика, або матеріали (вихідні дані), **призначені** (a2) самим студентом за результатами опрацювання заданого Зварного виробу, а також **визначені** (б) результатами *конструктивно-технологічного аналізу* зварного виробу (заняття № 1). Визначені студентом параметри і технічні відомості про Зварний виріб *мають бути занотовані* як вихідні дані для роботи на практичному занятті №4.

Визначення складу, послідовності та змісту технологічних операцій складання-зварювання. Склад, послідовність та зміст технологічних операцій складання-зварювання заданого виробу *визначаються* за маршрутним описом

базового технологічного процесу, який використовується на Підприємстві, де відбувалась виробнича практика, або *призначаються* самим студентом за результатами пошукових робіт з різними інформаційними джерелами.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що основним технологічним документом, яким визначаються параметри технологічних процесів є **маршрутна карта**. Маршрутна карта (МК) призначається для маршрутного, маршрутно-операційного і операційного опису технологічного процесу або для вказування повного складу технологічних операцій у всіх технологічних методах в технологічній послідовності (із вказуванням даних щодо устаткування, технологічного оснащення, основних матеріалів і трудових витрат), якщо операційний опис технологічного процесу надається в інших документах, наприклад, операційних картах.

Форми МК, встановлені ГОСТ 3.1118, є універсальними щодо складу інформації, тому крім своєї основної функції виконання ролі МК, вони можуть виконувати і функції інших видів документів: карти технологічного процесу; карти типового (групового) технологічного процесу; операційної карти; карти типової (групової) операції; карти технологічної інформації; відомості деталей (складальних одиниць) до типового (групового) технологічного процесу (операції); відомості оснащення; відомості обладнання; карти комплектування тощо.

Визначення параметрів режимів складання-зварювання та післязварювального оброблення. Параметри режимів складання-зварювання та післязварювального оброблення *надаються* в технологічній документації базового технологічного процесу, який використовується на Підприємстві, де відбувалась виробнича практика (в МК, а також часто й в інших нормативно-технічних документах: технологічних рекомендаціях, керівних технічних документах, виробничих інструкціях, технологічних інструкціях тощо), або ці параметри *призначаються* студентом за результатами пошукових робіт з різними інформаційними джерелами чи *визначаються* за результатами розрахунків за методиками, що були викладені у відповідних навчальних дисциплінах.

Важливо наголосити, що у навчально-методичній літературі наводяться різні методи визначення режимів зварювання, в тому числі аналітичні (розрахункові), засновані на моделюванні зварювальних процесів. Проте в заводських процесах технологічного підготовлення виробництва зварних конструкцій розробниками технологічних процесів зварювання розглядаються переважно вузькі діапазони значень параметрів характеристик засобів технологічного спорядження, що відповідають як зварюваним матеріалам, так і конкретному зварювальному устаткуванню, яке використовується виробником конструкцій. В виробничих умовах параметри режимів зварювання, головним чином, вибираються і призначаються (насамперед, з використанням WPS), а не розраховуються.

Усі зварювальні операції повинні відповідним чином плануватися до початку виробництва (ДСТУ 3951.1-2000). Планування повинне забезпечити підготовку **Технологічних інструкцій для зварювання** (WPS) для всіх зварних з'єднань. Технологічна інструкція для зварювання повинна відповідати вимогам стандарту ДСТУ 3951.2. Зміст інструкції повинен бути сумісний з вибраною схемою підтвердження відповідності.

Додатково до Технологічної інструкції для зварювання виробник може підготувати докладні робочі інструкції, які будуть використовуватись у процесі виробництва (наявність робочих інструкцій необов'язкова, якщо вони не потрібні виробнику). Робочі інструкції повинні бути:

- підготовлені на основі підтверджених Технологічних інструкцій для зварювання (WPS);
- містити значення основних параметрів режиму зварювання, які використовуються зварником та знаходяться під його безпосереднім контролем; ці значення параметрів можуть задаватися у вигляді показників, які виставляються на зварювальній установці, за умови, що існує певна відповідність між виставленими показниками і значеннями основних та додаткових параметрів режиму зварювання, які вказані в Технологічній інструкції для зварювання (WPS).

Кожна Технологічна інструкція для зварювання (WPS) підтверджується тільки за однією схемою з числа можливих схем:

- випробування технологічного процесу зварювання (схема 5.2, визначена ДСТУ 3951.1-2000, див. додаток) – ця схема використовується у випадках, коли властивості металу шва та зон термічного впливу є вирішальними для їхнього використання;
- підтвердження на відповідність зварювальних матеріалів (схема 5.3, див. додаток) – застосовується для матеріалів, у яких під час зварювання властивості зони термічного впливу погіршуються незначно, якщо тепло вкладення утримується в установлених межах;
- попередній досвід зварювання (схема 5.4, див. додаток) - допускає декілька варіантів застосування і тому повинні застосовуватись тільки ті технологічні процеси зварювання, які на практиці довели свою надійність;
- типовий технологічний процес зварювання (схема 5.5, див. додаток) – застосовується обмежено із-за відсутності розроблених національних схем і правил;
- випробування на зварність до початку виробництва (схема 5.6, див. додаток) – є надійним методом підтвердження відповідності технологічних процесів зварювання, для яких властивості отриманого матеріалу дуже залежать від певних умов зварювання, таких як форма та розміри з'єднувальних елементів, спеціальні умови закріплення, тепловідведення тощо, які не можуть бути відтворені на стандартних контрольних зварних з'єднаннях; у таких випадках виконуються одне або кілька спеціальних зварних з'єднань, які імітують реальне виробниче з'єднання з усіма його істотними особливостями.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що основним технологічним документом, в якому міститься інформація щодо параметрів режимів складання-зварювання та післязварювального оброблення, є маршрутна карта або карта технологічного процесу (КТП, КТТП). Для зазначення параметрів технологічних режимів в картах технологічних процесів складання-зварювання (рядки із службовими символами *P*) використовуються *типові блоки технологічних режимів*¹ (ТБТР). Вибір відповідного ТБТР (скоро-

¹ ГОСТ 3.1407.

чено - блоку режимів) і занесення значень параметрів режимів здійснюється розробником технологічної документації (зокрема Студентом).

Наприклад, ТБТР для дугового, електрошлакового і плазмового зварювання: ПЗ - позначення положення зварювання за ГОСТ 11969; НП - номер проходу (для багатопрохідних швів); ДС - діаметр сопла для зварювання в захисних газах із струменевим захистом; $l_{\text{сопла}}$ - відстань від торця сопла до зварюваної поверхні для дугового зварювання в захисних газах із струминним захистом; $l_{\text{ел.}}$ - виліт електроду; ПЛ - позначення полярності (П - пряма, О - обернена); U - напруга для електрошлакового зварювання; $I_{\text{зв.}}$ - сила зварювального струму (для зварювання трифазною дугою - ланцюг «електрод-виріб»); $v_{\text{зв.}}$ - швидкість зварювання; $v_{\text{пшм}}$ - швидкість подачі присадного металу; $q_{\text{осн.зах.}}$ - витрата за одиницю часу захисного (плазмоутворюючого) газу для основного захисту; $q_{\text{дод.зах.}}$ - витрата за одиницю часу захисного (плазмотворючого) газу для додаткового захисту; $q_{\text{кор.зах.}}$ - витрата за одиницю часу захисного газу для кореня шва; $T_{\text{тр.імп.}}$ - тривалість імпульсу зварювального струму; $T_{\text{тр.паузи}}$ - тривалість паузи між імпульсами зварювального струму.

Визначення засобів технологічного спорядження складально-зварювальних операцій. Засоби технологічного спорядження *надаються* в технологічній документації базового технологічного процесу, який використовується на Підприємстві, де відбувалась виробнича практика, або ці ЗТС *призначаються* студентом за результатами пошукових робіт з різними інформаційними.

Визначення засобів технологічного спорядження складально-зварювальних операцій базового технологічного процесу завершується наведенням в ПЗ величин параметрів функціональних і технічних характеристик ЗТС (в тому числі необхідно навести відповідні схеми, планування, малюнки, фотографії ЗТС тощо).

Визначення засобів механізації та автоматизації технологічних операцій складання-зварювання. Засоби механізації та автоматизації технологічних операцій складання-зварювання *надаються* в технологічній документації базово-

вого технологічного процесу, який використовується на Підприємстві, де відбувалась виробнича практика, або ці засоби (комплексної) механізації та автоматизації *призначаються* студентом за результатами пошукових робіт з різними інформаційними джерелами.

Визначення засобів механізації та автоматизації складально-зварювальних операцій базового технологічного процесу завершується наведенням в ПЗ величини параметрів функціональних і технічних характеристик використовуваних (або призначених) засобів (в тому числі необхідно навести відповідні схеми, планування, малюнки, фотографії тощо).

Визначення кадрового забезпечення виконання технологічного процесу складання-зварювання. Перелік робітників певної кваліфікації, необхідних для виконання операцій базового технологічного процесу складання-зварювання, який використовується на Підприємстві, де відбувалась виробнича практика, визначається в маршрутних картах¹. Зазначеними там робітниками виконуються технологічні операції складання-зварювання.

Якщо базовий технологічний процес складання-зварювання *був визначений* самим Студентом за результатами пошукових робіт з різними інформаційними джерелами, тоді склад кадрового забезпечення технологічних операцій формується Розробником розрахунковим методом на підставі вимог нормативних документів із використанням загальногалузевої довідкової інформації.

Визначення планувань виробничих ділянок складання-зварювання. Планування виробничих ділянок, необхідних для виконання операцій базового технологічного процесу складання-зварювання та післязварювального оброблення заданого зварного виробу, *виконуються* на підставі матеріалів, одержаних студентом на Підприємстві, де відбувалась виробнича практика, або ці планування *розробляються* для базового технологічного процесу, сформованого самим студентом за результатами пошукових робіт з різними інформаційними джерелами.

¹ Або в картах технологічного процесу (КТП), чи в картах типового (групового) технологічного процесу (КТТП).

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» були відомі узагальнені рекомендації та правила розроблення планувань виробничих ділянок.

Результати планування виробничих ділянок, необхідних для виконання операцій базового технологічного процесу виготовлення Зварного виробу наводяться у вигляді описів плану розміщення засобів технологічного спорядження на виробничій площі.

Визначення параметрів технічного нормування базового варіанту складально-зварювальних операцій. Параметри технічного нормування операцій *базового* технологічного процесу, який використовується на Підприємстві, де відбувалась виробнича практика, визначаються в маршрутних картах. Зокрема норми часу визначаються у відповідності до кваліфікації робітників, а нормативи витрат матеріалів і енергії визначаються або фактичними даними, або розрахунковими методами.

Для базового технологічного процесу, сформованого самим студентом, параметри технічного нормування операцій визначаються лише розрахунковими методами з використанням нормативної документації і загальногалузевої довідкової інформації. Узагальнені рекомендації та правила щодо визначення параметрів технічного нормування викладались у відповідних навчальних дисциплінах.

Розроблення 1-го власного варіанту технологічного процесу складання-зварювання конструкції виробу (опис). Багатоваріантність технологічних процесів, яка є основою проектування раціональних (оптимальних – за наявності заданих критеріїв для оцінювання оптимуму) технологічних процесів, передбачає розроблення, як мінімум, *одного власного варіанту* технологічного процесу складання-зварювання конструкції. Лише в такому випадку утворюється можливість порівняння **базового** і **(1-го) власного** варіантів технологічних процесів для вибору кращого (раціональнішого) з них. Засади щодо розроблення власних варіантів технологічного процесу були закладені на практичному занятті № 3 – зокрема, вибором варіанту (варіантів) розчленування зварної конструкції на складальні одиниці і деталі.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що також береться до уваги можливість вибору різних видів складання для зварювання, різних типів зварних з'єднань, в тому числі варіантів розкриття крайок, тощо.

Розроблення складу, послідовностей та змісту складально-зварювальних та інших операцій. Склад, послідовність та зміст технологічних операцій 1-го власного варіанту технологічного процесу складання-зварювання заданого виробу *розробляються* за однією із технологічних схем складання (складання-зварювання) зварної конструкції, на підставі яких були сформовані (складені) *варіанти* алгоритмів технологічних процесів складання-зварювання виробу (практичне заняття № 2). Як мінімум, був розроблений один варіант технологічної схеми.

Розроблення складу, послідовностей та змісту складально-зварювальних та інших технологічних операцій відбувається на підставі інженерних рішень (конструктивно-технологічних розв'язків), які студент приймає для 1-го власного варіанту технологічного процесу виготовлення заданого зварного виробу.

Важливо зазначити, що саме досконалістю цих інженерних рішень визначається якість матеріалів технологічного проекту в цілому. Під час розроблення технологічного процесу складання-зварювання заданого виробу Розробник має продемонструвати здатність визначати різні конструктивно-технологічні розв'язки, вміння аналізувати їх переваги та недоліки, вміння обґрунтовувати доцільність використання конкретних складових для утворення раціональної технологічної послідовності, яка відповідає 1-му варіанту технологічної схеми.

Склад, послідовності та зміст складально-зварювальних та інших технологічних операцій оформлюється за правилами запису технологічних операцій і переходів зварювання в документах, які застосовуються для опису технологічних процесів і операцій. Правилами встановлюються три форми запису: *повна, коротка і за кодовими позначеннями.*

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що *повний* запис найменування операції застосовується в МК для маршрутного

опису ТП, якщо вхідні в операцію переходи не відрізняються видом (способом) зварювання, а якщо відрізняються, тоді використовується *короткий* запис найменування операції – «Зварювання». *Короткий* запис найменування операцій застосовується для операційного опису ТП. *Кодове позначення* застосовується для автоматизації оброблення документів і використовується спільно з повним або коротким записом найменування операції або без нього. В решті випадків форма запису найменування операції встановлюється розробниками документу.

За необхідності в найменування операцій включаються вказівки щодо виконання зварювання прихоплюванням, ступеню механізації зварювання і інші додаткові відомості (наприклад, «Ручне дугове зварювання прихоплюваннями», «Автоматичне аргонодугове зварювання плавким електродом»).

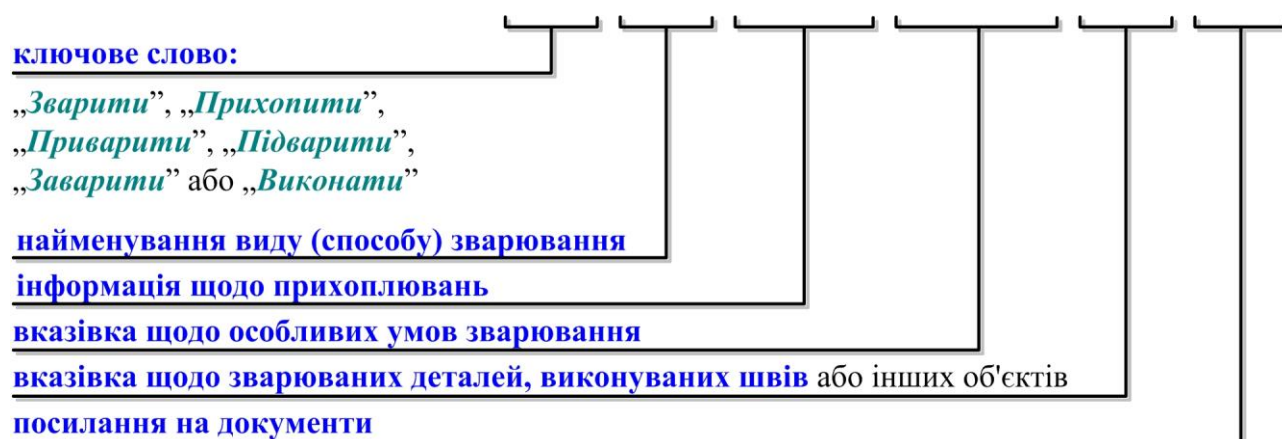


Рис. 4.1. Схема запису змісту переходу технологічної операції «Зварювання»

Запис змісту операції (переходу) «Зварювання» має включати (рис. 4.1):

- ключове слово;
- найменування виду (способу) зварювання, якщо в документі застосовується короткий запис найменування операції або відповідне йому кодове позначення;
- інформацію щодо прихоплювань, в якій містяться дані щодо їх розмірів, кількості і/або розташування (тільки для переходів з ключовим словом «Прихопити»);
- вказівки щодо зварюваних деталей, виконуваних швів або інших об'єктів.

За потребою в запис змісту операції (переходу) включаються особливі умови зварювання (положення зварювання, послідовність його виконання тощо) і посилання на документи, які містять інформацію, що доповнює або роз'яснює текстовий запис (ескіз, кресленики тощо).

Для запису технологічних операцій (переходів) використовується уніфікована термінологія¹. Для опису технологічних операцій, які виконуються на одному й тому ж робочому місці і тими ж виконавцями, переходи вказуються в технологічній послідовності установа, складання, прихоплювання, зварювання, зачищення.

Приклади деяких ключових слів для уніфікованих записів змісту операцій (переходів)

підготовлення	транспортувати	зачалити	застропити	відстропити
	кантувати	закріпити	опустити	подати
	підібрати	підготувати	оглянути	перевірити
	взяти	скомплектувати	зачистити	нанести
	притупити	розкроїти	розробити	знежирити
	травити	зняти	очистити	промити
	сушити	протерти	видалити	змастити
складання	розмітити	підмітити	керніти	нанести
	установити	вивіряти	закріпити	перевстановити
	базувати	скласти	зігнути	кріпити
	розкріпити	зафіксувати	фіксувати	зістикувати
	поєднати	з'єднати	від'єднати	вставити
	загвинтити	нагвинтити	розгвинтити	підігнати
	підбити	виставити	підрізати	запресувати
	забити	клепати	вирізати	подати
	скласти	притримати	притиснути	витримати
	забезпечити	повернути	кантувати	прихопити
зачистити	повторити	маркувати	перевірити	
зварювання	прихопити	зварити	заварити	приварити

¹ ГОСТ 3.1705, ГОСТ 2601, ОСТ 24.670.06-85

	підварити	наплавити	заплавити	виконати
	нагріти	повернути	відчинити	зачинити
	увімкнути	вимкнути	установити	переустановити
	закріпити	зняти	відвести	підвести
	завести	засипати	прибрати	зачистити
	очистити	намотати	обдути	оглянути
	передати	завантажити	повторити	транспортувати
	зачалити	застропити	відстропити	кантувати
правлення	перевірити	підмітити	відмітити	нагріти
	підігріти	правити	витримати (в печі)	перевірити
слюсарна	зачистити	вирубати	заточити	розмітити
	зістикувати	взяти	підігнати	скласти
	з'єднати	від'єднати	закріпити	установити
	відрізати	вирізати	свердлити	загвинтити
	нарізати (нарізь)	змастити (нарізь)	зняти	ізолювати
	клепати	повторити	кєрніти	очистити
випробування	наповнити	установити	заглушити	підняти
	оглянути	відмітити	зняти	злити
	обдути	виправити дефектні місця		випробувати
технічний контроль	перевірити	маркувати		клеймувати

Рекомендується використовувати короткий уніфікований запис найменування операції (ОСТ 24.670.06-85, ДСТУ 2222).

Приклади коротких уніфікованих записів найменування операцій

Приклади деяких коротких найменувань зварювальних операцій

ковальське зварювання	контактне зварювання	дифузійне зварювання	індукційне зварювання
пічне зварювання	термітне зварювання	дугове зварювання	зварювання тертям

електронно-променево зварювання	газопресове зварювання	електрошлакове зварювання	ультразвукове зварювання
плазмове зварювання	термітне зварювання	газове зварювання	зварювання тиском
зварювання вибухом	холодне зварювання	лазерне зварювання	стикове зварювання

Приклади коротких найменувань інших технологічних операцій

комплектування	слюсарна	нагрівання	лиття
кування	розкрій матеріалу	штампування	формування
електрофізичне оброблення	термічне оброблення	механічне оброблення	кріплення, закріплення
гальванопластика	складання	клепання	розкріплювання
монтаж	демонтаж	маркування	різання
консервація	розконсервація	гартування	відпал
паяння	випробування на герметичність	випробування корозійні	випробування механічні
установлення	налагодження	упакування	технічний контроль
базування	змащування	кантування	укладання
розвантаження	складування	зберігання	поворотна
складально- підготовча	складально- монтажна	вантаження, навантажування	розмічання, розмічування
очищення	правлення	завантаження	згинання, гнуття
зачищення	переміщення	кernіння	підготовлення
обдування	відбортовування	клеймлення	транспортування
охолоджування	витримка	відпускання	зачалювання

Зміст операцій [рекомендується](#) надавати у формі повного опису змісту операції (ОСТ 24.670.06-85).

Приклад уніфікованого запису змісту операції

Транспортувати деталі на робоче місце у відповідності до комплектувальної карти

Підготувати деталі до зварювання

Зварити механізованим дуговим зварюванням в CO₂ електродним дродом Св08Г2С, Ø1,0 мм з використанням зварювального механізованого апарату А-547У та складально-зварювального пристрою інв. №395547

Перевірити розміри зварних швів шаблоном

Маркувати позначення, номер партії згідно ескізу

Перевірити зварні шви ультразвуком

Зміст переходів операцій **рекомендується** надавати у формі повного опису змісту переходів операції (ОСТ 24.670.06-85).

Приклади деяких уніфікованих записів змісту переходів операції

Зачистити деталі для зварювання до чистого металу

Установити балку 1 в кантувач, подати пневмоциліндром, закріпити

Установити деталі 2 і 8 в пристрої по упорах і прихопити зверху в трьох місцях

Базувати каркас 7 відносно корпусу 4 і закріпити

Зварити автоматичним дуговим зварюванням під флюсом швом №10 – 3 шт.

Приварити технологічні пластини

Приварити деталь поз. 5 до деталі поз. 7

Зачистити зварні шви від окалини та прилеглі поверхні від бризок. Довжина зачистки – 0,45 м

Повторити переходи 1...3 для зварювання складальної одиниці 4 із зворотного боку

Нагріти складальну одиницю 6, правити

Правити нагрівом газовим полум'ям деталь 7

Зрубати прихоплювання

Перевірити роботу дверей (відкривання, закривання)

Відмітити дефектні місця

Нумерація операцій в картах технологічних процесів кратна 5: 005, 010, 015 Під час корегуванні ТП, операціям, які додаються, *привласнюються проміжні номери, не кратні 5* в послідовності технологічних операції, наприклад 006, 007 ... і так далі до 010. Нумерація технологічних переходів операції виконується простими числами, починаючи з одиниці, *наприклад: 1, 2, 3 ...* . Під час корегування технологічних і допоміжних переходів новим переходам привласнюється номер попереднього переходу з додаванням через крапку цифр в порядку їх зростання, починаючи з одиниці, *наприклад: 1.1., 1.2. або 2.1., 2.2 тощо.*

В технологічній документації є обов'язковими підписи осіб Розробника і того, який перевіряв документ, а також відповідального за нормоконтроль. Підписи одних й тих самих осіб, які підписують та візують документи в різних рядках основного напису і на титульному листі, не повинні повторюватись.

Під час розроблення складу, послідовностей та змісту складально-зварювальних та інших технологічних операцій 1-го власного варіанту технологічного процесу складання-зварювання заданого виробу зазвичай утворюються численні варіації і комбінації технологічних переходів, установлень тощо, які всі, так чи інакше, відповідають 1-му варіанту технологічної схеми. Звісно, не має потреби описувати всі можливі технологічні послідовності, навіть оформлюючи їх короткими записами технологічних операцій (переходів). Потрібно навести описи лише остаточних інженерних рішень, які надалі додатково необхідно оформити за правилами запису технологічних операцій і переходів зварювання в документах, що застосовуються для опису технологічних процесів і операцій (наприклад, в додатках до розрахунково-графічної чи домашньої контрольної роботи).

Вибір, призначення і розрахунки параметрів режимів складання-зварювання (прихоплювання) та післязварювального оброблення. Вибір, призначення і розрахунки (за необхідністю) параметрів режимів складання-зварювання (прихоплювання) та післязварювального оброблення виконується на основі рекомендацій нормативно-технічної документації (технологічні ін-

струкції для зварювання (WPS), за потребою з додатковими докладними робочими інструкціями для використання зварниками безпосередньо на робочих місцях, інші технологічні рекомендації, заводські виробничі інструкції тощо).

Відомо, що методи, методики і алгоритми вибору і розрахунків параметрів режимів складання-зварювання (прихоплювання) наводились в курсі навчальної дисципліни «Зварювання плавленням».

Параметри режимів складання-зварювання *визначаються* студентом за результатами за результатами вибору, призначення і розрахунків за методиками, що були викладені у відповідних навчальних дисциплінах. Результати такого *визначення* наводяться, наприклад, в розрахунково-графічній чи домашній контрольній роботі, а для зазначення параметрів технологічних режимів в картах технологічних процесів складання-зварювання (рядки із службовими символами *P*) використовуються *типові блоки технологічних режимів*¹ (ТБТР).

Вибір існуючих та визначення нових засобів технологічного спорядження. За результатами розроблення складу, послідовностей та змісту складально-зварювальних та інших технологічних операцій з виготовлення заданого Зварного виробу студентом мають бути *призначені* вже існуючі засоби технологічного спорядження (яке тепер використовуються в базовому варіанті технологічного процесу), а також студент-розробник має *визначити* нові (відсутні в базовому варіанті) засоби технологічного спорядження. Вибір та визначення ЗТС завершується складанням їх переліку з наведенням, наприклад, в розрахунково-графічній чи домашній контрольній роботі, величин параметрів функціональних і технічних характеристик ЗТС (в тому числі необхідно навести відповідні схеми, планування, малюнки, фотографії ЗТС тощо). Визначеними ЗТС має повністю забезпечуватись здійснення всіх робіт, призначених до виконання в 1-му варіанті технологічної схеми (відповідно, в 1-му власному варіанті технологічного процесу складання-зварювання заданого Виробу).

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що засобами (технологічного) спорядження¹ називається сукупність знарядь výro-

¹ ГОСТ 3.1407.

бництва, необхідних для виконання технологічного процесу. До засобів технологічного спорядження відносяться:

- *технологічне устаткування*¹ – засоби технологічного спорядження, в яких для виконання певної частини технологічного процесу розміщуються матеріали, заготовки, деталі або складальні одиниці, засоби дії на них, а також технологічне оснащення (технологічне устаткування – машини, преси, верстати, печі, зварювальні установки, гальванічні ванни, випробувальні стенди тощо);
- *технологічне оснащення*² – засоби технологічного спорядження, якими доповнюється технологічне устаткування під час виконання певної частини технологічного процесу (технологічне оснащення – пристрої і кондуктори, стапелі і ложементи, калібри, штампи і прес-форми тощо).

Технологічне оснащення, призначене для установлення або спрямування предмета праці чи інструменту під час виконання технологічної операції, називається (технічним) *пристроєм*. Технологічне оснащення, призначене для впливу на предмет праці з метою зміни його стану називається *інструментом*.

До засобів технологічного спорядження безпосередньо зварювальних процесів відносяться *основне і допоміжне* (механічне) *зварювальне устаткування*.

В самому загальному випадку до засобів технологічного спорядження процесів зварювального виробництва відносяться ЗТС для виготовлення деталей зварних конструкцій, устаткування для складання зварних конструкцій, основне зварювальне устаткування, механічне (допоміжне) зварювальне устаткування, устаткування для опоряджувальних робіт (послязварювального оброблення зварних конструкцій), для контролю і випробувань зварених конструкцій, підйомно-транспортне устаткування, а також сюди відносяться спеціалізовані і спеціальні комплекти устаткування - механізовані, автоматизовані, роботизовані і автоматичні виробничі лінії, комплекси і установки.

Детальні відомості щодо зварювального устаткування розглядаються в дисциплінах навчального плану підготовки бакалаврів напряму «Зварювання»,

¹ ДСТУ 2391, ДСТУ 2960, ДСТУ 2974.

² ДСТУ 2391, ДСТУ 2960, ДСТУ 2974.

зокрема в модулі М2 «Засоби механізації зварювального виробництва» дисципліні «Виробництво зварних конструкцій».

Укрупнений склад зварювального устаткування представлений на структурній схемі ЗТС (рис. 4.2).

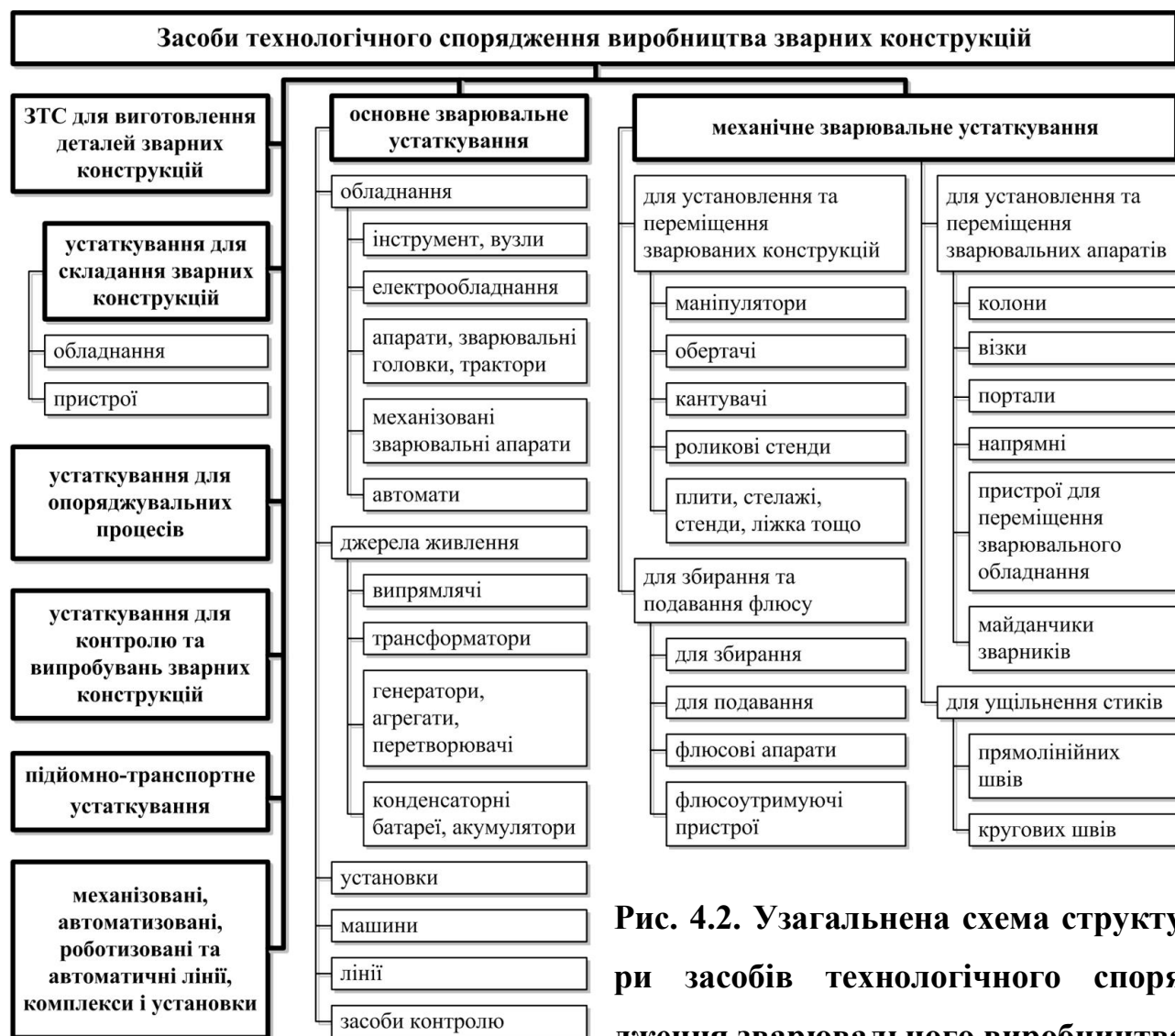


Рис. 4.2. Узагальнена схема структури засобів технологічного спорядження зварювального виробництва

Як правило, під час визначення студентом нових засобів технологічного спорядження у нього виникає потреба в доопрацюванні комплектів технологічного устаткування для здійснення складально-зварювальних операцій; технологічного оснащення; технологічного устаткування для технічного контролю якості та випробувань (часто шляхом заміни компонентів і складових частин установок і машин на інші, в тому числі такі, які студент-розробник має самостійно розробляти, в тому числі розрахувати, конструювати, описувати порядок робо-

ти тощо). Модернізація, удосконалення, заміна складових елементів та інші зміни в існуючих або визначених до використання універсальних, спеціалізованих і спеціальних засобах технологічного спорядження (за каталогами виробників ЗТС), а також власні розроблення (проектування) студентом-розробником засобів технологічного спорядження визначаються в обсягах, що вказуються в викладачем в завданнях на практичне заняття, на розрахунково-графічну роботу (домашню контрольну роботу), в тому числі в подальшому у завданні на виконання дипломного проекту або вказуються керівником дипломного проекту.

Вибір існуючих та визначення нових засобів механізації та автоматизації основних і допоміжних технологічних операцій. З метою підвищення продуктивності складально-зварювальних та інших технологічних операцій з виготовлення заданого Зварного виробу до складу ЗТС включаються засоби механізації та автоматизації основних і допоміжних технологічних операцій, насамперед транспортних, а також завантажувально-розвантажувальних. Під час вибору існуючих та визначення нових ЗТС важливо враховувати, що використання засобів механізації та автоматизації зварювального виробництва має бути *комплексним*, тобто має забезпечуватись максимально можливі обсяги заміни ручної праці роботою ЗТС.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що для виробництва зварних конструкцій характерні наступні методи виконання операцій: (1) *ручна праця* - ручний, кооперовано-ручний і механізовано-ручний методи, (2) *механізований* і *автоматизований* методи, (3) *автоматичний* метод.

Під **механізацією** виробничого процесу розуміється заміна ручної праці роботою машин і механізмів. Під час *механізованого* виконання технологічних операцій безпосереднє оброблення, складання або зварювання виконуються машинами, а робітником виконуються ручні допоміжні способи і він керує машинами. Вищим ступенем механізації є **автоматизація** виробничих процесів, за якої відбувається повне усунення ручної праці роботою машин із збереженням за обслуговуючим персоналом функцій налагодження, спостереження і корегування роботи машин, приладів і систем керування. Автоматизація значно

зменшує вплив суб'єктивних чинників на перебіг виробничих процесів (кваліфікація, швидкість реакції, втомлюваність робітників) і істотно підвищує якість їх виконання.

Механізація може бути *частковою*, тобто охоплювати частину (окремі операції) процесу виробництва, і *комплексною*, якою охоплюється ряд послідовних операцій з виготовлення деталі, вузла або виробу, включаючи міжопераційний транспорт. Автоматизація теж може бути *частковою*, *комплексною*, а також *повною* (автоматизується весь виробничий процес і керування ним).

Комплексна механізація і автоматизація (КМА) реалізується шляхом застосування механізованих, комплексно-механізованих, автоматизованих, автоматичних і комплексно-автоматичних ліній. Зазвичай **комплексна механізація і автоматизація зварювального виробництва** (КМАЗВ) охоплює не лише основні (заготівельні, складальні, зварювальні, опоряджувальні), допоміжні (транспортні, контрольні), але і обслуговуючі технологічні процеси і має на меті (а) підвищення комплексної продуктивності праці, (б) скорочення обсягів зв'язаних (омертвлених) оборотних коштів, (в) підвищення рівня виробничої гнучкості зварювального виробництва. Комплексна механізація і автоматизація створюють можливості для використання потокових методів виробництва.

Механізація і автоматизація зварювального виробництва забезпечує: (а) зниження трудомісткості і полегшення праці, (б) підвищення якості і надійності зварних виробів, (в) економію основних і зварювальних матеріалів, (г) економію виробничих площ. З іншого боку, механізація і автоматизація зварювального виробництва пов'язані з додатковими витратами на засоби технологічного спорядження, на їх обслуговування і ремонт. Як правило, механізація однієї технологічної операції знижує собівартість суміжних операцій і навпаки, може статися, що механізація однієї операції технологічного процесу приводить до збільшення собівартості суміжних операцій. Тому під час здійснення механізації і автоматизації зварювального виробництва необхідно порівнювати витрати з одержуваним ефектом.

Для комплексної механізації і автоматизації робіт з виготовлення зварних конструкцій використовується:

1. механічне зварювальне устаткування;
2. складально-зварювальне устаткування;
3. зварювальне устаткування.

Базовим компонентом комплексної механізації, який визначає основу механізації і автоматизації зварювального виробництва є **механічне зварювальне устаткування**. Механічне зварювальне устаткування може бути *універсальним*, призначеним для широкої номенклатури виробів і використання на підприємствах різних галузей промисловості, *спеціалізованим* – для виготовлення групи виробів, і *спеціальним*, призначеним для виготовлення зварних виробів одного типорозміру. Механічне зварювальне устаткування включає:

- устаткування для установа і переміщення зварюваних виробів;
- устаткування для установа і переміщення зварювальних апаратів і переміщення зварювальників;
- устаткування для ущільнення стиків;
- устаткування для збирання флюсу і подачі його в зону зварювання.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що до традиційних заходів для організації комплексно-механізованих і комплексно-автоматизованих складально-зварювальних виробництв зазвичай входять:

- спеціалізація ділянок за типами конструкцій і робочих позицій за видами робіт (за операціями), а також поглиблення спеціалізації підприємств, цехів, ділянок;
- концентрація однорідних операцій на окремих робочих позиціях і концентрація виробництва однотипних зварних конструкцій в окремих виробничих підрозділах;
- максимальне розширення обсягів вузлового складання на комплексно-механізованих ділянках;
- синхронізація технологічних операцій для подальшої роботи в умовах поточкових ліній;

- обов'язкова механізація трудомістких і важких робіт;
- посилювання вимог до точності оброблення заготовок, а також деталей і вузлів, які надходять на механізоване складання, за рахунок застосування машин розділового різання з програмним керуванням, а також шляхом запобігання або зменшення зварювальних деформацій після вузлового складання-зварювання;
- підвищення технологічності зварних конструкцій (зниження металоємності тощо) і застосування роздільного складання і зварювання крупних зварних секцій на основі впровадження прогресивних і технологічних вузлів з'єднань;
- поєднання операцій складання і зварювання на одному агрегаті, що дозволяє виключити прихоплювання;
- використання для стикових з'єднань способів зварювання, якими забезпечується можливість розширення допусків на зазори і скорочення обсягів пригонювальних робіт;
- зведення до мінімуму обсягів складання з попереднім розмічанням;
- використання уніфікованих засобів технологічного оснащення;
- застосування одnobічного автоматичного зварювання полотниць з двобічним формуванням шва;
- оснащення механізованих ліній і виробничих ділянок автономними підйомно-транспортними засобами для усунення залежності сталої роботи цих підрозділів від завантаження загальноцехових кранів (кранами мають виконуватись лише періодичні роботи, пов'язані з подачею контейнерів з деталями і вузлами, зняттям зварених конструкцій з кондукторів і стапелів, кантуванням зварених вузлів, транспортування на цеховий склад тощо);
- взаємна узгодженість робіт складально-зварювального і суміжних цехів внаслідок впровадження автоматизованих систем керування виробництвом, в тому числі для оперативного планування робіт в складально-зварювальних цехах;

- удосконалення способів комплектації деталей та вузлів і транспортування їх в контейнерах, піддонах і касетах; створення оптимальних оперативних запасів перед складальними позиціями;
- широке використання аналітичних методів розрахунку і сучасних засобів автоматизації керування виробництвом.

Як правило, під час розроблення 1-го власного варіанту технологічного процесу виготовлення зварного виробу студент-розробник обирає універсальні, спеціалізовані і спеціальні засоби механізації та автоматизації основних і допоміжних технологічних операцій зварювального виробництва, які або вже використовуються на діючому Підприємстві (базовий варіант технологічного процесу виготовлення заданого Зварного виробу), або можуть бути куплені за каталогами виробників засобів механізації та автоматизації технологічних процесів. Зазвичай у студента-розробника виникає потреба в доопрацюванні існуючих або купованих засобів технологічного спорядження (в тому числі засобів механізації та автоматизації). Модернізація, удосконалення, заміна складових елементів та інші зміни в існуючих або визначених до використання засобах механізації та автоматизації, а також власні розроблення (проективання засобів механізації та автоматизації, включаючи необхідні розрахунки елементів проєктованих засобів) студентом-розробником засобів технологічного спорядження визначаються в обсягах, що вказуються викладачем на практичному занятті, або, наприклад, в завданні розрахунково-графічної чи домашньої контрольної роботи, або у подальшому - в завданні на виконання дипломного проєкту або вказуються керівником дипломного проєкту.

Призначення кадрового забезпечення виконання технологічного процесу. Перелік робітників певної кваліфікації, необхідних для виконання операцій 1-го власного технологічного процесу складання-зварювання (в т.ч. визначення професій та кваліфікацій виконавців), визначається студентом за результатами пошукових робіт з різними інформаційними джерелами з використанням розрахункового методу на підставі вимог нормативних документів із використанням загальногалузевої довідкової інформації.

Складання планувань виробничих ділянок і маршрутів переміщення виробів. Складання планувань виробничих ділянок і маршрутів переміщення виробів (вузлів, деталей, зварного виробу), необхідних для виконання операцій 1-го власного варіанту технологічного процесу складання-зварювання та після-зварювального оброблення заданого Зварного виробу, *виконуються* Студентом на підставі матеріалів, одержаних під час розроблення технологічного процесу виготовлення зварного виробу, з урахуванням результатів пошукових робіт з різними інформаційними джерелами.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» були відомі наступні вимоги щодо розміщення засобів технологічного спорядження та організації робочих місць:

1. Засоби технологічного спорядження мають встановлюватись у відповідності до основного технологічного потоку переміщення вантажів. Мають бути виключені зустрічні та пересічні вантажопотоки.
2. Розміщення ЗТС має забезпечувати безпеку та зручність його обслуговування.
3. Для кожного робітника має бути забезпечено зручне робоче місце, яке не обмежує його дій під час роботи. Біля кожного робочого місця мають бути передбачені майданчики для складування деталей та готових виробів. Не допускається розміщення деталей та виробів в проходах. Для розміщення на робочому місці пристроїв, оснастки, інструменту мають бути передбачені шафи, стелажі, етажерки тощо. Для тривалого зберігання оснастки та пристроїв використовуються механізовані склади. Має забезпечуватись близькість робочих місць до санітарно-побутової інфраструктури (туалети, душі, питна вода, телефони, їдальні тощо).
4. Розміщення ЗТС і робочих місць має передбачати заходи безпечної евакуації на випадок аварійної ситуації. Має забезпечуватись протипожежні заходи: зручне розташування протипожежного інвентарю, наявність вільних проходів і пожежних проїздів, всі двері повинні відчинятись назовні.

5. Розміщення ЗТС і робочих місць координується відносно колон будівлі. При розміщенні ЗТС керуються рекомендованими розмірами проміжків між устаткуванням в повздовжньому і поперечному напрямках, відстанями від стін і колон. Розмір робочої зони призначається не менше 800 мм. Відстань між устаткуванням та стінами будівлі має бути не менше 1 м. Рекомендовані відстані наведені в табл. 4.1 і на рис. 4.3.

Таблиця 4.1

Припустимі межі мінімальних відстаней між засобами технологічного спорядження (робочими місцями), складовими місцями і елементами будівлі

Відстань	Припустимі межі значень, м
Від колон або стін будівлі до бічної сторони устаткування	1...3
Від колон або стін будівлі до тильної сторони устаткування	1...2,5
Від колон або стін будівлі до фронту устаткування	1...2,5
Між фронтом і тильною стороною устаткування	1...2
Між тильною і бічною сторонами устаткування	1...2
Між тильними сторонами устаткування	1
Між бічними сторонами устаткування	1...1,4
Між устаткуванням, розташованим фронтом один до одного	1...2
Від фронту устаткування до складового місця	1...1,6
Між складовими місцями	1...1,4
Між тильною стороною устаткування і складовим місцем	1
Між бічною стороною устаткування і складовим місцем	1...1,2

Примітка. Менші значення вказаних припустимих відстаней відносяться до малогабаритних, а великі — до великогабаритних (у плані) ЗТС і складових місць

Загальні рекомендації щодо розроблення плану розміщення засобів технологічного спорядження на виробничій площі

До складу виробничого підрозділу входить значна кількість різного технологічного устаткування та технологічного оснащення. Відповідно, план розміщення ЗТС припускає велику кількість варіантів взаємного розміщення засобів технологічного спорядження. Загальні рекомендації стосуються певних усталених правил та перевірених практикою розв'язків щодо розроблення планування виробничих площ.

А. *Планування починається* з нанесення мережі колон будівлі цеху, в якому розташовується виробничий складально-зварювальний підрозділ. У будівлях складально-зварювальних цехів величина кроку колон нормалізована і, як правило, для одноповерхових складає будівель 12 м. В загальному випадку ширина прольоту цеху $b_{\text{прл}}$ (рис. 4.3) розраховується. Для спрощеного планування ширина прольоту може призначатись (див. табл. 4.1).

Б. *Далі* призначається відстань b_1 від тильної сторони робочого місця до осі повздовжньої низки колон (або стіни будівлі цеху), яка зазвичай дорівнює не менше 1 м (табл. 4.1). Це значення вибирається з міркувань будівельного характеру: фундаменти колон цеху не повинні стискатися з фундаментами устаткування, яке встановлюється на окремих робочих місцях. З іншого боку, така відстань в більшості випадків необхідна при створення проходу для вільного переміщення робітників при виконанні ними виробничих операцій. У тих випадках, коли розміри робочого місця визначаються розмірами зварювальної kabіни і розташування устаткування в ній передбачено таким чином, що відстань від складально-зварювального стелажу або стенду до осі колони або стіни цеху складає не менше 1 м, значення b_1 прирівнюються нулю.

У випадках, коли $b_1 \geq 1$ м, простір, що виходить шириною не менше 2 м вздовж осі повздовжньої низки колон між двома низками робочих місць, які розміщуються в двох сусідніх прольотах, зазвичай використовується для розміщення устаткування для дугового зварювання (зварювальні перетворювачі, випрямля-

чі і трансформатори) і шаф і індивідуальними ящиками для інструменту робітників.

В. *Після цього* призначається ширина проїзду $b_{\text{прд}}$ між двома лініями робочих місць, розміщених в одному прольоті, яка приймається в межах 3...4 м. Така ширина необхідна для забезпечення вільного проїзду засобів внутрішньоцехового напільного транспорту у випадках зустрічі двох самохідних візків.

Г. *Далі* наносяться складові місця, які можуть бути розміщені двояким способом: або з боку проїзду, або в повздовжньому напрямі прольоту — між двома послідовно розміщеними робочими місцями виробничого потоку.

Ширина складового місця $b_{\text{см}}$ залежить від розмірів деталей, що складаються біля робочих місць, і складальних одиниць, що підлягають складанню-зварюванню на цьому робочому місці. Зазвичай площа, яка займається такими складовими місцями, дорівнює або менше площі, яку займає складально-зварювальний пристрій. Мінімальна площа складових місць допускається рівновеликою половині площі, яку займає складально-зварювальний пристрій.

Д. *Наступною* призначається ширина робочого місця $b_{\text{рм}}$, яка в складально-зварювальних відділеннях цеху обумовлена шириною складально-зварювального пристрою (стелажу, стенду тощо). Остання, у свою чергу, залежить від розмірів зварного виробу, що виготовляється на цьому робочому місці. Орієнтовно можна приймати, що ширина складально-зварювального пристрою дорівнює сумі ширини зварного виробу, який виготовляється на цьому робочому місці, та припусків на кожену сторону (по ширині) в межах 0,2...0,3 м. Окрім визначеної вказаним способом ширини складально-зварювального пристрою загальний розмір ширини робочого місця $b_{\text{рм}}$ слід включати ширину проходів по 1 м з кожного боку складально-зварювального пристрою. Ці проходи необхідні для переміщення робітників в процесі виконання ними робіт на цьому робочому місці. У тих випадках, коли розміри робочого місця визначаються розмірами зварювальної kabіни, відстань між складально-зварювальним стелажем і огорожею kabіни по тих же міркуваннях має бути не менше 1 м.

Е. Після цього призначається відстань b_2 між робочим місцем або огорожею зварювальної kabіни і складовим місцем для деталей і складальних одиниць, а також для складальних одиниць, що відправляються з цього робочого місця на наступні робочі місця, яка приймається в межах 1...1,6 м.

Ж. Завершується планування виробничої площі нанесенням умовних позначень всіх засобів технологічного спорядження (викреслюються контури плану відповідного устаткування, пристроїв та контрольного обладнання і вказуються їхні габаритні розміри). Крім того вказуються стаціонарні підйомно-транспортні засоби.

З. Наприкінці планування виробничої площі, при необхідності (якщо задано в завданні) вказуються місця підводу різних видів енергоносіїв, розміщуються засоби санітарно-технічного обладнання, засоби техніки безпеки та засоби пожежної безпеки.

И. На плані розміщення засобів технологічного спорядження на виробничій площі наносяться нумерація ЗТС з її розшифровкою в специфікації та назви всіх виробничих відділень і дільниць.

Планування виробничої площі для складання-зварювання зварного виробу закінчується *детальним описом* розробленого плану розміщення засобів технологічного спорядження на виробничій площі, шляхом опису послідовності роботи складових елементів виробничої дільниці.

Технічне нормування операцій 1-го власного варіанту технологічного процесу складання-зварювання зварного виробу. Технічне нормування операцій 1-го власного варіанту складально-зварювального технологічного процесу виготовлення зварного виробу відбувається розрахунковими методами з використанням нормативної документації і загальногалузевої довідкової інформації (в т.ч. визначаються вихідні дані, необхідні для розрахунку нормативів часу, та розраховуються ці норми; встановлюється розряди робіт та обґрунтовуються професії виконавців для виконання операцій залежно від складності цих робіт). Зокрема норми часу визначаються у відповідності до кваліфікації робітників, а нормативи витрат матеріалів і енергії визначаються або фактич-

ними даними, або розрахунковими методами. Узагальнені рекомендації та правила щодо визначення параметрів технічного нормування викладались у відповідних навчальних дисциплінах.

Розроблення 2-го і подальших власних варіантів технологічного процесу складання-зварювання конструкції виробу (опис). Розроблення 2-го і подальших власних варіантів технологічного процесу складання-зварювання конструкції виробу відбувається:

- за вимогами викладача, який проводить практичне заняття;
- у відповідності до вимог завдання на розрахунково-графічну (домашню контрольну) роботу;
- за власним рішенням студента-розробника (наприклад, з метою кращої оцінки виконаної ним роботи).

Розроблення 2-го і подальших власних варіантів технологічного процесу здійснюється на підставі розроблених 2-го і подальших варіантів технологічних схем складання-зварювання (алгоритмів технологічних процесів складання-зварювання виробу, практичне заняття № 3).

Завдання

1. Під час самостійної роботи перед початком занять ознайомитись з «Основними відомостями» і визначитись стосовно послідовностей і параметрів виробничих характеристик технологічного процесу складання-зварювання заданого Зварного виробу в умовах Підприємства у відповідності до особливостей цього Підприємства.
2. На занятті провести обговорення матеріалів, які викладені в «Основних відомостях», звертаючи особливу увагу на особливості технологічних процесів складання-зварювання зварних виробів, виданих студентам для самостійної роботи у вигляді конструктивних схем, а також на параметри виробничих характеристик зварювального виробництва українських підприємств.
3. Використовуючи рекомендації, наведені в «Основних відомостях», формально скласти базовий технологічний процес складання-зварювання, який ви-

користується на Підприємстві¹ і який запозичений студентом в якості «базового», а також власними силами спроектувати так звані «власні» технологічні процеси виготовлення зварної конструкції (заданого Зварного виробу, виданого студенту для самостійної роботи у вигляді конструктивних схем), обґрунтувати їх склад та зміст і визначити певні значення величин параметрів відповідних характеристик (технічних, економічних тощо) цих процесів.

4. Результати виконання практичного заняття № 4 формуються з двох частин (складається з двох практичних занять - № 4-а і № 4-б).

Практичне заняття № 4-а. Необхідно *навести* послідовність, склад та зміст технологічних процесів (маршрутний опис), а також *надати* перелік засобів технологічного спорядження, які використовуються на Підприємстві, де відбувалась виробнича практика (або визначені самим студентом за результатами пошукових робіт з різними інформаційними джерелами), для здійснення складально-зварювальних процесів виготовлення заданого Зварного виробу; зокрема *параметрами* технологічних операцій визначаються величини значень базових показників технологічності конструкції виробу, які надалі необхідні для порівняння із значеннями показників в інших варіантах виготовлення зварного виробу. В тому числі потрібно *навести* послідовність, склад та зміст технологічних процесів (маршрутний опис), а також *надати* перелік засобів технологічного спорядження, необхідних для здійснення післязварювальних і контрольних операцій.

Практичне заняття № 4-б. необхідно *навести* послідовність, склад та зміст технологічних процесів (маршрутний опис), а також *надати* перелік засобів технологічного спорядження, які спроектовані студентом-розробником для здійснення складально-зварювальних процесів виготовлення заданого Зварного виробу; зокрема *параметрами* технологічних операцій визначаються величини значень показників технологічності конструкції виробу, які надалі необхідні для порівняння із значеннями показників в інших розроблених варіантах виго-

¹ Фактичні або віртуальні дані Підприємства, яке надалі визначено студентом для використання в якості виробника заданого йому Зварного виробу, а також результати конструкторсько-технологічного аналізу, результати самостійної роботи тощо.

товлення Зварного виробу. В тому числі потрібно *навести* послідовність, склад та зміст технологічних процесів (маршрутний опис), а також *надати* перелік засобів технологічного спорядження, необхідних для здійснення післязварювальних і контрольних операцій.

Контрольні запитання

1. Яке призначення параметрів характеристик базового технологічного процесу?
2. Як визначається базовий технологічний процес виготовлення зварного виробу, зокрема процес складання-зварювання?
3. Які параметри характеристик технологічного процесу складання-зварювання зварних конструкцій необхідні під час проектування технологічних процесів?
4. Як зміни параметрів виробничих характеристик зварювального виробництва впливають на результати проектування технологічних процесів?
5. Для чого необхідні базовий варіант і спроектовані (розроблені) варіанти технологічних процесів складання-зварювання зварного виробу?

Заняття № 5.

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗВАРНОГО ВИРОБУ

Тематичне завдання заняття: *з'ясувати* критерії визначення раціонального варіанту технологічного процесу зварювального виробництва, *опанувати* послідовність визначення технологічності зварного виробу, *визначити* якісну та кількісну оцінки зварної конструкції, а також *з'ясувати* область використання таких оцінок технологічності конструкції виробів в цілому.

Основні відомості

Обґрунтування вибору раціонального варіанту технологічного процесу виготовлення Зварного виробу здійснюється студентом-розробником на підставі результатів визначення **технологічності конструкції** Зварного виробу для *базового* і кожного із визначених ним *власних* варіантів технологічних процесів виготовлення за критеріями трудомісткості робіт, а також технологічної собівартості, продуктивності тощо.

Конструкція одного і того ж зварного виробу має не однакову технологічність під час виготовлення різними технологічними процесами, в різних технологічних системах (середовищах), на різних виробничих підприємствах.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що з одного боку, технологічність конструкції виробу (ТКВ) – поняття *комплексне*, що означає необхідність оцінки на всіх стадіях життєвого циклу виробу, але з іншого боку, ТКВ – поняття *відносне*, що означає її залежність від типу виробництва і типу використовуваних засобів технологічного спорядження.

В залежності від використовуваних методів оцінки розрізняються *якісна* і *кількісна* оцінки ТКВ.

Якісна оцінка ТКВ – це суб'єктивна оцінка, заснована на інженерно-візуальних методах оцінки¹ (зокрема методами експертного опитування, бальної оцінки тощо²) і виконується за окремими конструктивними і технологічними ознаками для досягнення заданого рівня ТКВ. Сутність якісної оцінки ТКВ полягає в виборі кращого варіанту конструкції виробу без визначення кількісної міри його вищості. Крім цього якісна оцінка ТКВ може полягати в оцінюванні міри дотримання вимог і нормативів, якими відображаються конструктивно-технологічні властивості виробу, що визначають мінімальні витрати коштів і часу під час його виготовлення.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції узагальнено, на підставі досвіду виконавців і, отже, великою мірою залежить від кваліфікації осіб, які її проводять, і великою мірою суб'єктивно. Якісна оцінка варіантів зварних конструкцій допустима на всіх стадіях створення зварних виробів, якщо здійснюється вибір кращого конструктивного рішення і не вимагається визначення міри відмінності технологічності порівнюваних варіантів конструкцій.

¹ *Інженерно-візуальний метод оцінки ТКВ* є сукупністю прийомів розробника шляхом візуального оцінювання конструктивних і технологічних ознак виробу.

² Використовуються *метод* зведення задачі порівняння варіантів до однокритеріальної оптимізації, *метод* послідовних поступок, *метод* вибору варіанту у відповідності до принципу Гурвіца тощо.

Для зменшення суб'єктивізму якісної оцінки зазвичай визначається перелік певних вимог (технологічні вимоги і нормативи), якими необхідно користуватись під час виконання робіт з відпрацювання зварних конструкцій на технологічність. Такі вимоги можуть бути як загальними, так і конкретними, якими кількісно регламентуються параметри конструктивних і технологічних елементів, матеріали, сортаменти тощо. Якщо за якісною оцінкою виявляються декілька приблизно рівних між собою варіантів, тоді для остаточного вибору кращого з них виконується кількісна оцінка ТКВ.

Якісна оцінка, як правило, передує кількісній оцінці і зазвичай здійснюється на ранніх етапах проектування виробу.

Якісна оцінка єдиного варіанту конструктивного виконання виробу виконується на підставі зіставлення відповідності виробу («добре-погано», «припустимо-неприпустимо» тощо) основним вимогам щодо забезпечення виробничої ТКВ (за необхідності, експлуатаційної, ремонтної ТКВ). Якісна оцінка («краще-гірше» тощо) для порівняння варіантів конструктивних виконів виробу дозволяє в процесі проектування вибрати кращий варіант викону, а також встановити доцільність ресурсних витрат на визначення кількісної оцінки порівнюваних варіантів.

Для керівництва процесами формування технологічності конструкції виробу встановлена *кількісна оцінка* ТКВ.

Кількісна оцінка ТКВ засновується на розрахунках показників технологічності конструкції виробів з подальшим порівнянням цих показників з базовими показниками. Кількісна оцінка базується на інженерно-розрахункових методах¹ і виконується за певними (відібраними) конструктивно-технологічними ознаками (показниками), які визначаються такими, що істотно впливають на забезпечення виконання основних вимог до ТКВ (рис. 5.1).

Сутність кількісної оцінки технологічності конструкції полягає у виборі кращого варіанту зварної конструкції за допомогою кількісних показників. Кі-

¹ використовуються *метод* вибору варіанту у відповідності до інтегрального принципу порівняння, графоаналітичний *метод* кількісної оцінки і вибору варіантів, кількісна оцінка і вибір варіанту за методом академіка Крилова тощо

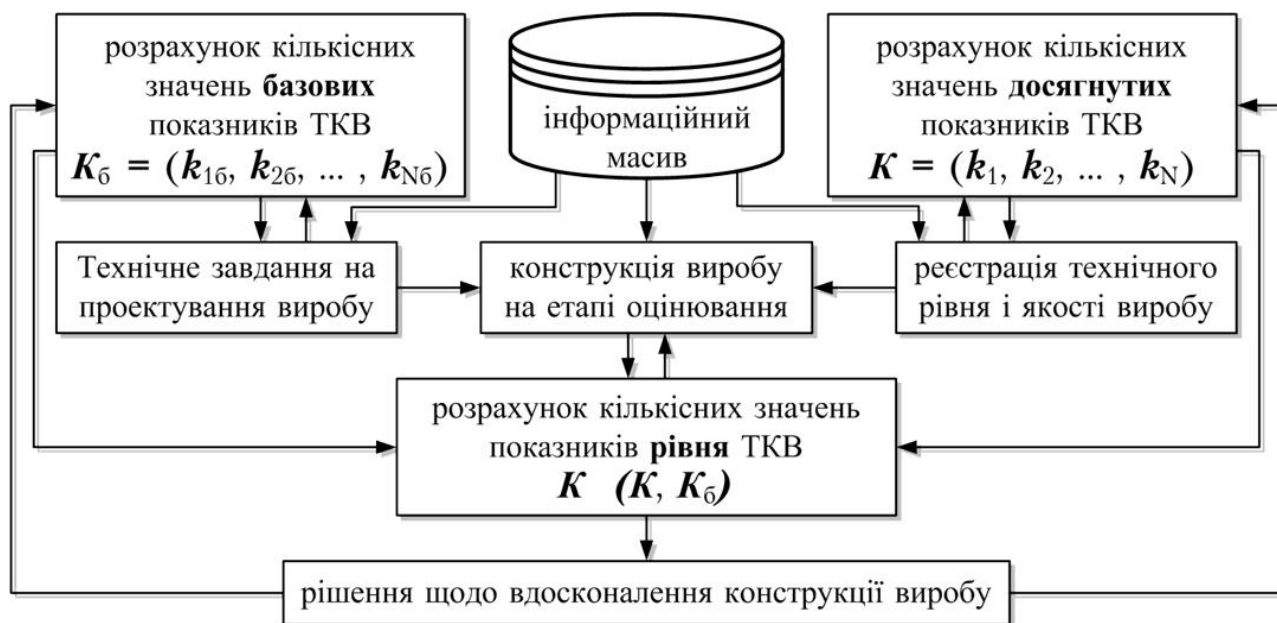


Рис. 5.1. Схема алгоритму кількісної оцінки технологічності конструкції виробу

Кількісна оцінка технологічності конструкції виробу виражається показником, кількісне значення якого характеризує міру задоволення вимогам щодо технологічності конструкції.

Номенклатура і кількість показників ТКВ повинні бути мінімальними, однак достатніми для оцінки технологічності конструкції.

Найбільш поширені методи *абсолютної, порівняльної (відносної) і різницевої* оцінки ТКВ:

- **абсолютний** показник ТКВ: $K = (k_1, k_2, \dots, k_N)$;
- **порівняльний** показник (рівень) ТКВ: $K_{\text{рівня}} = K/K_6$;
- **різницевий** показник ТКВ: $\Delta K' = |K - K_6|$; $\Delta K'' = |1 - K_{\text{рівня}}|$,

де K і K_6 – відповідно абсолютні показники ТКВ заданого виробу і виробу прийнятого базовим для порівняння (абсолютний базовий показник ТКВ); k_1, k_2, \dots, k_N – компонентна властивість (показник) ТКВ; N – загальне число заданих властивостей, що формують ТКВ.

Досягнення мети забезпечення ТКВ (цільова функція) виражається методами кількісної оцінки таким способом: $Z_{\text{абс.}} : K \rightarrow K_6$; $Z_{\text{порівн.}} : K_{\text{рівня}} \rightarrow 1$; $Z'_{\text{різн.}} : \Delta K' \rightarrow 0$; $Z''_{\text{різн.}} : \Delta K'' \rightarrow 0$.

Головним критерієм оцінки виробничої технологічності зварних конструкцій є мінімум витрат під час конструкторського та технологічного підготування виробництва і під час виготовлення зварних виробів.

Під **технологічністю зварної конструкції** розуміють таке поєднання матеріалів, форм, компоновок вузлів і з'єднань, яке забезпечує досягнення заданих експлуатаційних якостей конструкції на основі застосування найбільш досконалих технологічних процесів за найменших витратах праці, коштів і матеріалів. Іншими словами, стосовно зварювального виробництва конструкція зварного виробу вважається **технологічною**, якщо вона сконструйована із такої кількості елементів, з наданням їм таких розмірів і форм, із застосуванням таких марок матеріалів, технології, типів устаткування та технологічного оснащення, методів організації та керівництва виробництвом, які за заданих обсягів випуску та повному дотриманні експлуатаційних характеристик виробу забезпечують його просте і економічне виготовлення.

Підвищення технологічності конструкції зварного виробу може відбуватися шляхом *зміни самої конструкції* виробу.

З курсу дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» було відомо, що технологічність зварних конструкцій забезпечується з урахуванням **конструктивних вимог**, які пред'являються до конструкції. До основних *конструктивних вимог* відносяться:

- вибір раціональної схеми і головних параметрів конструкції, заснованих на аналізі існуючих конструктивних форм і принципі комплексної стандартизації;
- правильний вибір основних і зварювальних матеріалів, конструктивних форм зварних з'єднань і вузлів, якими забезпечується висока якість зварних виробів;
- взаємне розташування вузлів, форм з'єднань, якими забезпечується якнайкращі умови складання і зварювання, мінімальні обсяги оброблення до і після зварювання;

- вибір простих форм деталей (заготовок) з мінімальною протяжністю зварних швів, розташованих в зручних для зварювання місцях;
- стандартизація матеріалів, деталей, вузлів, процесів на основі уніфікації, типізації і агрегування;
- вибір заходів щодо запобігання або обмеження залишкових деформацій і напружень в зварних конструкціях.

Підвищення технологічності конструкції зварного виробу може відбуватись шляхом *використання раціонального варіанту технологічного процесу* виготовлення виробу. Відповідно, для підвищення технологічності конструкції зварного виробу здійснюється доопрацювання варіантів технологічних процесів шляхом удосконалення послідовностей складально-зварювальних операцій, заміни та доповнення засобів технологічного спорядження, впровадження механізації та автоматизації (роботизації) процесів тощо.

З лекційного курсу дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва» було відомо, що технологічність зварних конструкцій забезпечується з урахуванням **технологічних вимог**, які пред'являються до конструкції. До основних *технологічних* вимог відносяться:

- вибір найбільш раціональних технологічних процесів для заданого зварювального виробництва;
- правильна послідовність складання і зварювання;
- вибір раціонального теплового режиму зварювання і відповідність допусків на заготовки і складені вузли заданій точності зварних конструкцій;
- призначення мінімально допустимих припусків на механічне оброблення, режимів термічного оброблення тощо;
- вибір раціональних режимів зварювання, методів контролю;
- вибір раціонального варіанту зварювального устаткування і його розташування.

Для оцінки рівня технологічності конструкції заданого зварного виробу під час його виготовлення різними технологічними процесами використовуються різноманітні показники ТКВ.

З лекційного курсу дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва» було відомо, що в загальному випадку технологічність зварних конструкцій оцінюється *матеріалоємністю, трудомісткістю, енергоємністю, тривалістю виробничого циклу і собівартістю*. В технологічному підготовленні зварювального виробництва зазвичай використовується укрупнена *номенклатура показників технологічності*. До абсолютних показників технологічності в основному відносяться: маса зварної конструкції; загальна кількість і номенклатура деталей, які входять до складу виробу, розподіл цих деталей за способами різання, оброблення тощо; кількість складальних одиниць, які входять до складу виробу; норми витрати матеріалів; трудомісткість і собівартість. До порівняльних (відносних) показників зазвичай відносяться: питома і відносна трудомісткість; питома і порівняльна собівартість; коефіцієнти уніфікації вузлів, деталей, розмірів, матеріалів, катетів зварних швів тощо, а також коефіцієнти конструктивної спадковості, використання матеріалу, механізації і продуктивності зварювального устаткування тощо.

У виробничій практиці, в конкретних виробничих ситуаціях набір (номенклатура) показників технологічності зварних конструкцій визначається виключно метою забезпечення ТКВ.

Висока ТКВ має наслідками зниження виробничих витрат і тому служить критерієм оцінки економічно вигіднішого виробничого варіанту технологічного процесу виготовлення зварної конструкції. Головний критерій технологічності конструкції виробу – економічна доцільність конструкції за заданої якості та прийнятих умов виробництва.

Під час відпрацюванні зварних виробів на технологічність необхідно враховувати низку загальних умов:

- технологічність виробів в визначальній мірі залежить від програми випуску, типу зварювального виробництва та специфічних умов підприємства-виробника (здіяєних технологічних процесів - базових);
- технологічність окремих елементів або вузлів зварної конструкції повинна розглядатись разом з технологічністю виробу в цілому;
- відпрацювання технологічності конструкції необхідно розглядати як комплексне завдання, що враховує вимоги до всіх стадій виробничого процесу, починаючи від заготівельної і закінчуючи випробуванням готових виробів, а також до стадії їх експлуатації;
- під час відпрацювання технологічності конструкції зварних виробів необхідно виходити з урахування передового досвіду і показників найбільш високого технологічного рівня, досягнутого в зварювальному виробництві.

Рекомендується наступна *послідовність визначення раціонального варіанту розробленого технологічного процесу виготовлення Зварного виробу*.

1. Здійснити якісну оцінку технологічності конструкції заданого Зварного виробу для всієї множини розроблених варіантів технологічних процесів виготовлення виробів. На цій основі вибрати найбільш раціональні технологічні процеси, для яких надалі виконується кількісна оцінка ТКВ.
2. Зробити кількісну оцінку технологічності конструкції Виробу для відпрацьованих і відібраних під час якісної оцінки варіантів розроблених технологічних процесів виготовлення зварних конструкцій:
 - а) вибрати із загальної номенклатури обмежену кількість показників технологічності конструкції Зварного виробу, які найповніше відповідають особливостям порівнюваних варіантів розроблених технологічних процесів виготовлення таких зварних виробів;
 - б) розрахувати кількісні значення показників технологічності заданої конструкції Зварного виробу;
 - в) за допомогою кількісних показників ТКВ оцінити варіанти розроблених технологічних процесів виготовлення зварної конструкції, вибрати

якнайкращий варіант технологічного процесу виготовлення Зварного виробу.

3. Оцінити рівень технологічності конструкції Зварного виробу для вибраного якнайкращого, прийнятого для подальшого виготовлення варіанту технологічного процесу:

а) визначити базові показники технологічності конструкції Зварного виробу;

б) визначити показники рівня технологічності $K_{\text{рівня}}$;

в) аналізувати показники рівня технологічності конструкції Зварного виробу з метою подальшого покращення технологічного процесу його виготовлення.

Завдання

1. Під час самостійної роботи перед початком занять ознайомитись з «Основними відомостями» і визначитись стосовно критеріїв оптимальності (раціональності) характеристик зварювального виробництва Підприємства у відповідності до особливостей виготовлюваної продукції.

2. На занятті провести обговорення матеріалів, які викладені в «Основних відомостях», звертаючи особливу увагу на поняття технологічності конструкції виробу та якісну і кількісну оцінки цієї технологічності, звертаючи без посередню увагу на функціональні, конструктивні та експлуатаційні особливості зварних виробів, виданих студентам для самостійної роботи у вигляді конструктивних схем, а також на параметри виробничих характеристик зварювального виробництва українських підприємств.

3. Використовуючи рекомендації, наведені в «Основних відомостях», використовуючи результати попередніх практичних занять, оцінити рівень технологічності зварної конструкції (заданого Зварного виробу, виданого студенту для самостійної роботи у вигляді конструктивних схем) для вибраного якнайкращого, спроектованого студентом і прийнятого для подальшого виготовлення варіанту технологічного процесу, обґрунтувати оцінки ТКВ та надати значення ве-

личин параметрів відповідних характеристик технологічності конструкції заданого Зварного виробу.

4. Надати обґрунтування вибору раціонального варіанту технологічного процесу виготовлення зварного виробу. Обґрунтування здійснюється шляхом порівняння комплектів показників технологічності конструкції заданого зварного виробу, які утворюються під час виготовлення за різними варіантами розроблених технологічних процесів.

Контрольні запитання

1. Що означає термін «технологічність конструкції виробу»?
2. Які оцінки технологічності конструкції виробу використовуються для порівняння між собою варіантів технологічних процесів виготовлення цього виробу?
3. Як визначається якісна оцінка ТКВ?
4. Як визначається кількісна оцінка ТКВ?
5. Які показники ТКВ використовуються для оцінки?
6. Для чого здійснюється оцінка ТКВ?

Заняття № 6.

ОФОРМЛЕННЯ ДОКУМЕНТАЦІЇ РОБОЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ-ЗВАРЮВАННЯ ЗАДАНОГО ВИРОБУ

Тематичне завдання заняття: з'ясувати склад документації робочого технологічного процесу, достатній для початку зварювального виробництва, *опанувати* послідовність розроблення документації робочого технологічного процесу виготовлення зварного виробу.

Основні відомості

Оформлення документації робочого технологічного процесу (одиничного або оперативного типового) складання-зварювання заданого зварного виробу здійснюється на підставі матеріалів розробленого раціонального варіанту технологічного процесу виготовлення зварного виробу. Проводиться технічний і

нормоконтроль розробленої технологічної документації призначеного варіанту технологічного процесу складання-зварювання виробу.

З лекційного курсу дисципліни «Проектування технологічних процесів зварювального виробництва» було відомо, що *комплект документів технологічного процесу* - це сукупність технологічних документів, необхідних і достатніх для виконання ТП. Комплектність документів одиничних технологічних процесів (ОТП), типових (групових) технологічних процесів (ТТП, ГТП) встановлюється розробником документів. Комплекти документів умовно підрозділяються на *основний, додатковий і повний*. В комплектах документів ОТП і ТТП (ГТП) виділяються *основні, звідні і допоміжні* документи:

- *основними* документам є МК, КТП (КТТП), в яких, залежно від встановленого розробником ступеня деталізації опису процесів, вказуються всі необхідні дані для виконання всього технологічного процесу; під час розроблення ОТП і ТТП (ГТП) МК можуть бути основними для маршрутного і маршрутно-операційного описів, КТП (КТТП) - для маршрутно-операційного і операційного описів;
- *звідними* документами вважаються МК, які застосовуються в комплектах документів для відображення складу і порядку виконання всіх операцій, з вказівкою необхідних даних щодо складу документів, де описані правила і вимоги до виконання операцій, застосовані робочі місця і загальні дані з трудовитрат;
- *допоміжні* документи застосовуються під час розроблення, впровадження і функціонування технологічних процесів (наприклад, карта погодження).

Завдання

1. Під час самостійної роботи перед початком занять ознайомитись з «Основними відомостями» і визначитись стосовно параметрів документації робочого технологічного процесу у відповідності до особливостей виготовлюваної продукції.
2. На занятті провести обговорення матеріалів, які викладені в «Основних відомостях», звертаючи особливу увагу на вимоги та правила розроблення до-

кументації робочого технологічного процесу з урахуванням функціональних, конструктивних та експлуатаційних особливостей зварних виробів, виданих студентам для самостійної роботи у вигляді конструктивних схем, а також враховуючи параметри виробничих характеристик зварювального виробництва українських підприємств.

3. Використовуючи рекомендації, наведені в «Основних відомостях», скласти документацію спроектованого робочого технологічного процесу виготовлення зварної конструкції (заданого Зварного виробу, виданого студенту для самостійної роботи у вигляді конструктивних схем.

4. Визначити та обґрунтувати особливості складу та змісту документації робочого технологічного процесу, спроектованого для виготовлення заданого Зварного виробу.

Контрольні запитання

1. Яке призначення документації робочого технологічного процесу?
2. Які загальні та спеціальні вимоги до документації робочого технологічного процесу?
3. Які вихідні дані необхідні для проектування документації робочого технологічного процесу?
4. Який узагальнений склад документації робочого технологічного процесу?
5. Для чого Підприємству необхідна документація робочого технологічного процесу?

Схеми підтвердження відповідності технологічних процесів зварювання (ДСТУ 3951.1-2000)

Схема	Назва	Сутність схеми	Керівна інформація
<u>Схема 5.2.</u> Випробування технологічного процесу зварювання	Підтвердження відповідності випробуванням технологічних процесів зварювання	Схема встановлює, як попередня Технологічна інструкція для зварювання може бути підтверджена на відповідність зварюванням та випробуванням стандартизованого контрольного зварного з'єднання	Повинні застосовуватись тільки ті технологічні процеси, які на практиці довели свою надійність
<u>Схема 5.3.</u> Підтвердження на відповідність зварювальних матеріалів	Підтвердження відповідності технологічних процесів зварювання з використанням підтверджених на відповідність зварювальних матеріалів	Під час зварювання деяких матеріалів властивості зони термічного впливу погіршуються незначно, якщо тепловкладення утримується в установлених межах; для таких матеріалів Технологічна інструкція для зварювання (WPS) може розглядатися з метою підтвердження відповідності за умови, що зварювальні матеріали підтверджені на відповідність і всі основні параметри режиму зварювання знаходяться в межах, на які поширюється це підтвердження відповідності	Проводиться згідно з національною схемою (до прийняття міжнародних схем підтвердження відповідності)

Схема	Назва	Сутність схеми	Керівна інформація
<p><u>Схема 5.4.</u> Попередній досвід зварювання</p>	<p>Підтвердження відповідності технологічних процесів за попереднім досвідом зварювання</p>	<p>Виробник може мати Технологічну інструкцію для зварювання, підтверджену на відповідність попереднім досвідом зварювання, за умови, що він може підтвердити відповідною оригінальною та не залежною від нього документацією те, що він раніше задовільно зварив тип з'єднання та матеріали, про які йдеться; допустимі межі дії Технологічної інструкції для зварювання, підтвердженої на відповідність попереднім досвідом зварювання, повинні обмежуватись основним матеріалом (матеріалами), зварювальним процесом (процесами), зварювальним матеріалом (матеріалами) та діапазонами основних параметрів зварювання, для яких відповідний попередній досвід може бути підтверджений документально</p>	<p>Необхідна в тих випадках, коли властивості металу шва та зон термічного впливу є вирішальними для його використання</p>
<p><u>Схема 5.5.</u> Типовий технологічний</p>	<p>Підтвердження відповідності технологічних процесів зва-</p>	<p>Технологічна інструкція для зварювання, підготовлена виробником, підтверджується на відповідність, якщо діапазони всіх параметрів режиму зварювання знахо-</p>	<p>Застосовується обмежено; її застосування передбачене</p>

Схема	Назва	Сутність схеми	Керівна інформація
процес зварювання	рювання за типовим технологічним процесом зварювання	дяться в межах, дозволених типовим технологічним процесом зварювання; Типовий технологічний процес зварювання повинен бути виданий як технологічна інструкція, форма та зміст якої відповідають Технологічній інструкції для зварювання (WPS) або Протоколу підтвердження відповідності технологічного процесу зварювання (WPAR), які пройшли процедуру підтвердження технологічного процесу зварювання. Видання і зміни Типового технологічного процесу зварювання повинні виконуватись за участю аудитора або органу з сертифікації, які підтвердили його відповідність.	лише кількома національними правилами
<u>Схема 5.6.</u> Випробування на зварність до початку виробництва	Підтвердження відповідності технологічних процесів зварювання за результатами випробувань на зварність до поча-	Може використовуватись там, де форма та розміри потрібних для випробування стандартних зварних з'єднань не точно представляють зварюване з'єднання, наприклад з'єднувальний шов на тонкій трубі; у таких випадках повинні виконуватись одне або кілька спеціальних зварних з'єднань, які імітують реальне виробниче з'єд-	Єдиний надійний метод підтвердження відповідності для деяких технологічних процесів зварювання, для яких вла-

Схема	Назва	Сутність схеми	Керівна інформація
	тку виробництва	<p>нання з усіма його істотними особливостями (наприклад, розміри, закріплення, тепловідведення); випробування повинно проводитися до виробництва продукції, але в умовах виробництва; дослідження та випробування контрольного зварного з'єднання повинні проводитись згідно з вимогами відповідних стандартів на підтвердження відповідності окремих процесів зварювання металевих матеріалів, але можливо, що це випробування потрібно доповнити або замінити спеціальними випробуваннями залежно від характеру з'єднання, про яке йдеться, і це повинно бути узгоджене з аудитором або органом із сертифікації</p>	<p>стивості отриманого металу шва дуже залежать від певних умов зварювання, таких як: форма та розміри з'єднаних елементів, спеціальні умови закріплення, тепловідведення тощо, які не можуть бути відтворені на стандартних контрольних зварних з'єднаннях</p>

Використовувані терміни

Символьні позначення і терміни

<i>B, b</i>	- ширина, [м]
<i>H, h</i>	- висота, [м]
<i>I</i>	- сила струму [А]
<i>i</i>	- порядковий номер
<i>K</i>	- показник абсолютний
<i>k</i>	- показник компонентний
<i>n, N</i>	- кількість [шт.]
<i>L</i>	- довжина прольоту (регульована відстань між опорами) [м]
<i>l</i>	- довжина, відстань, виліт, крок [м]
<i>q</i>	- витрата за одиницю часу захисного газу [л/хв., м ³ /год.]
<i>T</i>	- час, тривалість [сек., хв., год.]
<i>U</i>	- напруга [В]
<i>v</i>	- швидкість [м·с ⁻¹ , м/хв.]
	- функція мети

Індекси

абс	- абсолютний
б	- базовий
дод	- додатковий
ел	- електрод, електродний
зах	- захист
зв	- зварювальний, зварювання
кор	- корінь зварного шва
осн	- основний
порівн	- порівняльний
ппм	- подача присадного металу
прд	- проїзд
рівня	- рівень
різн	- різниця
рм	- робоче місце
см	- складове місце
тр	- тривалість

Абревіатури (акроніми)

Позначення	Термін
ГОСТ	- міждержавний стандарт (ГОсударственный СТАндарт – <i>рос.</i>)
ЄСКД	- єдина система конструкторської документації
ЄСТД	- єдина система технологічної документації
ЄСПВ	- єдина система технологічного підготовки виробництва
ДС	- діаметр сопла для зварювання в захисних газах із струменевим захистом

ДСТУ	- державний стандарт України
ЗТС	- засоби технологічного спорядження
КМА	- комплексна механізація та автоматизація
КТП	- карта технологічного процесу
КТР	- конструкторські і технологічні рішення; конструктивно-технологічні рішення (розв'язки)
МК	- маршрутна карта
НП	- номер проходу (для багатопрохідних швів)
ПЗ	- позначення положення зварювання
ПЛ	- позначення полярності (П - пряма, О - обернена)
ТКВ	- технологічність конструкції виробу
ТП	- технологічний процес
ТУ	- технічні умови

Перелік рекомендованої літератури

Основна література

1. **Кривов, Г.О.** Виробництво зварних конструкцій [Текст]: Підручник / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К.: КВІЦ, 2012. – 896 с.: 748 іл.: 66 табл.: 3,5 см. – Бібліогр.: с. 874-886. – 500 пр. - ISBN 978-966-2003-75-8.
2. **Руденко, П.А.** Проектирование технологических процессов в машиностроении [Текст]: Учеб. пособие / П.А. Руденко - К.: Выща шк. Головное изд-во, 1985. - 255 с.
3. **Григорьян Г.Д.** Основы разработки современных технологических систем в машиностроении [Текст]: Учеб. пособие / Г.Д. Григорьян. - К.: Выща шк.,1992.- 167 с.
4. **Амиров, Ю.Д.** Технологичность конструкции изделия [Текст]: справочник / Ю.Д. Амиров, Т.К. Алферова, П.Н. Волков [и др.]; под общ. ред. Ю.Д. Амирова. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Машиностроение, 1990. – 768 с.: ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 763-764. – 30200 экз. – ISBN 5-217-01121-1.
5. **Куркин, С.А.** Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве [Текст]: учеб. для вузов / С.А. Куркин, Г.А. Николаев. - М.: Высшая школа, 1991. – 398 с.: ил. ; 20,5 см. Библиогр.: с. 387. – 17000 экз. - ISBN 5-06-001906-3.
6. **Куркин, С.А.** Технология, механизация и автоматизация производства

сварных конструкций [Текст]: атлас: учеб. пособие для студ. машиностр. специальностей вузов / С.А. Куркин, В.М. Ховов, А.М. Рыбачук. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.: ил. ; 28,5 см. - Библиогр.: с. 325-327. – 10000 экз. - ISBN 5-217-00764-8.

7. **Красовский, А.И.** Основы проектирования сварочных цехов [Текст]: учеб. для вузов по спец. «Оборудование и технология сварочного производства» / А.И. Красовский. - [4-е изд., перераб.]. — М.: Машиностроение, 1980. – 319 с.: ил. ; 21,5 см. – 20000 экз.

Нормативно-технічні матеріали

1. Справочник по Единой системе конструкторской документации / В.П. Градиль, А.К. Моргун, Р.А. Егошин; Под ред. А.Ф.Раба. -4-е изд., перераб. и доп. - Х.: Прапор, 1988. - 255 с.

2. Единая система конструкторской документации: Справочное пособие / С.С. Борушек, А.А.Волков, М.М.Ефимова и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство стандартов, 1989. -352 с.

3. Единая система технологической подготовки производства. - М: Издательство стандартов, 1975. - 254 с.

4. Единая система технологической документации: Справочное пособие / Е.А.Лобода, В.Г.Мартынов Д.С. Мендриков и др. - М: Издательство стандартов, 1992. - 325 с.

5. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. - М.: Издательство стандартов. - 1992. - 464 с.

Додаткова література

6. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. для вузов / И.П. Бушминский, О.Ш. Даутов, А.П. Достанко и др.; Под ред. А.П. Достанко, Ш.М. Чабдарова. - М.: Радио и связь, 1989. -624 с.

7. Галныкин Ю.И., Сатановский Р.Л., Богушевский Н.И. Организация подготовки производства: (Опыт ЛОМО им. В.И. Ленина). - М: Экономика, 1986.- 95 с.

8. Технологическая подготовка гибких производственных систем / С.П.

Митрофанов, Д.Д. Куликов, О.Н. Миляев, Б.С. Падун; Под общ. ред. С.П.Митрофанова. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние,1987,- 352с.

9. Технический контроль в машиностроении: Справочник проектировщика / Под общ. ред. В.Н. Чупырина, А.Д. Никифорова. - М.: Машиностроение, 1987. - 512 с.

10. Автоматика и управление в технических системах: В 11 кн. / Отв. ред. С.В.Емельянов, В.С. Михалевич. - К.: Выща шк., 1992. - кн. 3. Моделирование производственных систем / Б.Ф. Фомин, В.Б. Яковлев. - 191с.

11. Автоматизация процессов машиностроения: Учеб. пособие для машиностроительных спец. вузов / Я. Буда, В. Гановски, В.С. Вихман и др.; Под ред. А.И. Дашенко. - М.: Высш. шк., 1991. -480 с.

12. Тимченко В.А., Сухомлин А.А. Роботизация сварочного производства. – К.: Тэхника, 1988. – 175 с.

13. Нововведения в процессе производства / Г.Л. Таукач, А.П. Галена, Н.А. Лифинцев и др. - К.: Тэхника, 1990.-237 с.

14. Чирков В.Г. Выбор рациональных технических решений. К.: Тэхника, 1991. - 159 с. (Б-ка инженера).

15. Палий В.Ф., Суздальцева Л.П. Техничко-экономический анализ деятельности машиностроительных предприятий: Учебник для вузов по специальности "Экономика и управление в машиностроении". - М.: Машиностроение, 1989. - 272 с.

16. Колосов А.Н. Организация и экономика гибкого автоматизированного производства: Учеб. пособие. - К.: Выща шк., 1991. - 167 с.