

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» для студентів  
освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» усіх  
форм навчання

2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Виробництво зварних конструкцій» для студентів освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» усіх форм навчання / Укл.: М.Ю. Осіпов, О. Є. Капустян – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 46 с.

Укладачі: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук  
О.Є. Капустян, канд. техн. наук  
Рецензент: І.М. Білоник, канд. техн. наук, доцент  
Редактор: І.П. Аверченко  
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено  
на засіданні кафедри ІТЗ та МК  
Протокол №01 від 13.09.2023 р.

Рекомендовано  
до видання НМК ІФФ  
Протокол №06 від 16.01.2024 р.

## ЗМІСТ

Лабораторна робота № 1 Розрахунок параметрів автоматичного зварювання під флюсом із застосуванням персонального комп'ютеру в діалоговому режимі.....	4
Лабораторна робота № 2 Розробка оптимального варіанту розкрою вхідної заготовки.....	11
Лабораторна робота № 3 Проведення автоматизованого розкрою листового матеріалу з застосуванням програми «АСТРА-Д».....	18
Лабораторна робота № 4 Розрахунок потрібної кількості робітників та обладнання для виробництва зварної деталі .....	25
Лабораторна робота № 5 Розрахунок витрат основних та допоміжних матеріалів і електроенергії при виробництві зварних виробів .....	35
Лабораторна робота № 6 Автоматизоване заповнення маршрутної карти .....	42
Вказівки з техніки безпеки .....	45
Рекомендована література .....	46

# **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1**

## **РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ АВТОМАТИЧНОГО ЗВАРЮВАННЯ ПІД ФЛЮСОМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРУ В ДІАЛОГОВОМУ РЕЖИМІ**

### **1.1 Мета роботи**

Засвоєння методики розрахунку параметрів режиму автоматичного зварювання під флюсом стикових швів зварних з'єднань та розробка програми розрахунку цих параметрів у діалоговому режимі із застосуванням персонального комп'ютеру.

### **1.2 Загальні відомості**

При розробці технологічного процесу зварювання важливе значення мають правильно призначені параметри режиму зварювання. З цією метою технолог звичайно використовує довідкові дані або результати спеціально проведених досліджень по зварюванню аналогічних виробів.

При визначенні параметрів режиму зварювання для конкретного зварного з'єднання вимагається обрати спосіб зварювання, рід та полярність струму, вид та розміри зварних матеріалів, розрахувати силу струму, напругу дуги, швидкість зварювання. Основні співвідношення, що використовуються для розрахункового визначення основних параметрів режиму, наведені у [1-3], що використовуються у даній роботі для побудови алгоритму розрахунку параметрів режиму зварювання на персональному комп'ютері.

Перед зварюванням важливо визначити і погодити основні параметри режиму зварювання під шаром флюсу:

- марка і діаметр зварювального дроту;
- марка і грануляція флюсу;
- рід і полярність зварювального струму;
- сила зварювального струму;

- швидкість зварювання;
- швидкість подачі зварювального дроту.

Марку зварювального дроту і флюсу визначають залежно від хімічного складу зварюваної сталі.

Якщо всі параметри правильно підібрати і узгодити між собою, то зварний шов буде виконано якісно і відповідно бажаним геометричних розмірів.

### 1.2.1 Методика розробки алгоритму розрахунку параметрів режиму автоматичного зварювання під флюсом стикових з'єднань

Для всіх стикових з'єднань основними розмірними параметрами, що визначають якість зварного з'єднання, є:

- глибина провару  $H$ ;
- коефіцієнт форми провару  $k_1$ ,
- коефіцієнт форми підсилення шва  $k_2$ ,

$$k_1 = \frac{B}{H},$$

$$k_2 = \frac{B}{H_1},$$

де  $B$  – ширина шва;

$H_1$  – висота підсилення шва.

Для стикових швів ці параметри повинні задовольняти наступним вимогам:

- $H$  повинна бути не менше товщини металу  $S$  зварних елементів;
- $k_1 = 0,8 - 0,4$ ;
- $k_2 = 7 - 10$ .

Для розрахунку глибини провару використовується формула:

$$H = 0,0156 \sqrt{\left(\frac{Q_1}{k_1}\right)}, \quad (1.1)$$

де  $Q_1$  – погонна енергія, що розраховується за формулою:

$$Q_1 = 0,24 \cdot I \cdot U \cdot \frac{E}{V}, \quad (1.2)$$

$$k_1 = k_3 \cdot (19 - 0,01 \cdot I) \cdot D \cdot \frac{U}{I}, \quad (1.3)$$

де  $I$  – сила струму, А;

$U$  – напруга дуги, В;

$E$  – ККД дуги;

$V$  – швидкість зварювання, м/год;

$D$  – діаметр електродного дроту;

$k_3$  – коефіцієнт, залежний від роду струму, полярності  $P$  та щільності струму  $J$ , при цьому:

- для змінного струму  $k_3 = 1,0$ ;

- для постійного струму зворотної полярності  $k_3 = 0,92$ , при  $J > 120$  А/мм<sup>2</sup> та  $k_3 = 0,367 \cdot J^{0,1925}$ , при  $J < 120$  А/мм<sup>2</sup>;

- для постійного струму прямої полярності  $k_3 = 2,82 \cdot J^{0,1925}$ , при  $J < 120$  А/мм<sup>2</sup> та  $k_3 = 1,12$ , при  $J > 120$  А/мм<sup>2</sup>.

Коефіцієнт наплавлення (для зварювання під флюсом з деякими допущеннями рівний коефіцієнту розтоплення) обчислюється по формулі:

- для змінного струму:

$$A_1 = 13,35 - 4,4 \cdot D + 0,03 \cdot I + 0,65 \cdot D^2 - 0,0057 \cdot D \cdot I; \quad (1.4)$$

- для постійного струму прямої полярності:

$$A_1 = 13 - 5,12 \cdot D + 0,047I + 1,05D^2 - 0,011 \cdot I \cdot D - 0,00001I^2; \quad (1.5)$$

- для постійного струму зворотної полярності:

$$A_1 = 13,055 - 1,31 \cdot D + 0,0115 \cdot I + 0,18 \cdot D^2 - 0,0023 \cdot I \cdot D; \quad (1.6)$$

$$U = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{D}} I \pm 1. \quad (1.7)$$

$$V = \frac{(-25,5 + 132 \cdot D)}{I}. \quad (1.8)$$

ККД дуги при  $I \leq 900$  А:

$$E = 0,476 + 0,0005 \cdot I. \quad (1.9)$$

При  $I > 900$  А прийняти  $E = 0,85$ .

Площа поперечного перерізу наплавленого металу:

$$F = \frac{I \cdot A_1}{27700 \cdot V} \quad (1.10)$$

$$H_1 = \frac{F}{0,73 \cdot B} \quad (1.11)$$

### 1.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Назвіть параметри режиму зварювання, які виявляють найбільший вплив на якість зварних з'єднань?
2. Опишіть методику вибору діаметру зварювального дроту.
3. Розкажіть, як проводиться розрахунок глибини провару при зварюванні стикових з'єднань?
4. Опишіть, як виконати розрахунок напруги дуги та швидкості зварювання при зварюванні під флюсом?
5. Покажіть, як формується програма розрахунку режиму у діалоговому режимі?
6. Перелічіть геометричні параметри зварного шва.
7. Опишіть, як обчислюється коефіцієнт наплавлення  $A_1$ .

### 1.4 Порядок проведення лабораторної роботи

1. По даним, наведеним у п. 1.2, розробити блок-схему алгоритму розрахунку у діалоговому режимі параметрів режиму автоматичного зварювання під флюсом з'єднань наступних типів:

- а) зварювання стикового з'єднання без скосу кромки за один прохід;
- б) зварювання стикового з'єднання без скосу кромки з двох сторін;
- в) зварювання стикового з'єднання без скосу кромки з одного боку на підкладці, що залишилася.

При цьому необхідною умовою є по пунктам:

$$\text{а) } (S + 0,5) \leq H \leq (S + 1,5);$$

$$\text{б) з кожної сторони } (S/2 + 1,5) \leq H \leq (S/2 + 2,5);$$

$$\text{в) } (S + 0,2b) \leq H \leq (S + 0,5b),$$

де  $b$  – товщина металевої підкладки.

2. Розробити програму на алгоритмічній мові *Basic* чи *Pascal* для розрахунку параметрів режиму зварювання. Виявити помилки та зробити редагування програми. Розрахувати параметри режиму зварювання та вивести результати на екран монітору. Проаналізувати отримані дані та зробити висновки, скласти звіт.

З використанням співвідношень, наведених у п. 1.2, алгоритм розрахунку на персональному комп'ютері параметрів режиму однопрохідного зварювання під флюсом стикового з'єднання на флюсовій подушці без розділу кромок та без зазору може бути представлений у вигляді наступних дій.

1. Ввести вхідні дані – товщину металу  $S$  та рід і полярність струму  $P$ :

$$S = N + 1,$$

де  $N$  – порядковий номер студента в журналі.

2. Задати силу струму:

$$I = 90 \cdot S.$$

3. Ввести діаметр дроту  $D = 2$  мм. Розрахувати щільність струму:

$$J = \frac{I}{0,785 \cdot D^2},$$

та зробити вибір  $D$  за допустимими межами величини щільності струму, для чого у програмі організувати цикл розрахунку для  $D$  від 2 мм до 6 мм для щільності струму  $J$  у допустимих межах, що наведені в таблиці 1.1.



Таблиця 1.1 – Допустимі межі для щільності струму  $J$ 

$D$ , мм	2	3	4	5	6
$J_{min}$	65	45	35	30	25
$J_{max}$	200	90	60	50	45

4. По обраним  $D$  та  $I$  розрахувати напругу дуги за формулою (1.7).

5. Розрахувати швидкість зварювання по формулі (1.8).

6. Залежно від роду та полярності струму розрахувати коефіцієнт  $A_I$  по формулам (1.4), (1.5) чи (1.6).

7. Визначити значення  $k_I$  по формулі (1.3) з урахуванням коефіцієнту  $k_3$ .

8. Розрахувати  $E$  дуги по формулі (1.9).

9. Розрахувати глибину провару  $H$  по формулі (1.1) з урахуванням формул (1.2), (1.3) та (1.7) і порівняти з даним значенням.

10. Якщо  $H$  не задовольняє даному значенню, збільшити або зменшити силу струму, перейти до кроку 2 і повторити розрахунок до отримання заданої величини  $H$ .

11. Розрахувати ширину шва по формулі  $B = \frac{k_1}{H}$ .

12. Розрахувати  $F$  по формулі (1.10).

13. Розрахувати  $H_I$  по формулі (1.11).

14. Вивести на результати розрахунку на екран монітору.

### 1.5 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.

2. Основні параметри режиму зварювання під флюсом та їх вплив на якість зварних з'єднань.

3. Методика розрахунку параметрів режиму зварювання.

4. Блок-схема алгоритму розрахунку параметрів режиму зварювання.

5. Текст програми розрахунку.

6. Результати розрахунку.

7. Аналіз результатів розрахунку та висновки.

8. Ескіз поперечного перерізу зварного з'єднання в масштабі,

відповідно до розмірів.

9. Висновки по роботі.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ РОЗКРОЮ ВХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ**

### **2.1 Мета роботи**

Розробка оптимального варіанту розкрою вхідної заготовки на деталі для виробництва зварних конструкцій з застосуванням засобу лінійного програмування (симплекс-метод) для мінімізації відходів з розрахунками на персональному комп'ютері.

### **2.2 Загальні відомості**

Перш ніж приступити до безпосереднього виконання будь-яких робочих операцій, що змінюють форму і обриси вихідного матеріалу, в більшості випадків необхідно цей матеріал розкрити. Основною метою цієї операції є забезпечення точних, відповідно до креслень, розмірів вирізаних з металу деталей.

При раціональному виконанні розмітки досягають економічного розкрою металу наступними заходами.

1. Максимальна можлива щільність розміщення розмітки деталей на кожному підлягає розкрою шматку металу. При цьому не використовуються відходи не повинні перевищувати практичних норм, прийнятих в практиці проектування.

Середня кількість відходів прокату рол, (в % від ваги) при виготовленні деталей зварних виробів зазначено в таблиці 2.1.

Зазначені відходи можуть бути знижені за допомогою конструктивних і технологічних заходів, в першу чергу шляхом раціонального розкрою металу.

2. Найменша можлива протяжність різів. При цьому слід вибирати відповідні розміри прокату для виготовлення деталей.

При виробництві зварних конструкцій важливе значення мають питання раціонального розкрою вхідних матеріалів з забезпеченням мінімальних відходів при виготовленні деталей та заготовок. Для

вирішення цієї задачі знайшли застосування математичні засоби, що дозволяють підвищити коефіцієнт виходу придатного на 2–5 % при розкрої лінійних матеріалів та на 2–10 % для листових матеріалів у порівнянні зі звичайними розкрійними картами. У цьому відношенні дає гарні результати застосування засобу лінійного програмування у поєднанні з застосуванням персональних комп'ютерів для багатоваріантних розрахунків і виробу оптимальних рішень.

Таблиця 2.1 – Середня кількість відходів прокату при виготовленні деталей зварних виробів

Деталь	$P_{від}, \%$
Листовий метал	4–8
Широкосмуговий, смуговий і кутовий метал	4–6
Труби, круглий і квадратний метал	2–4
Швелери, тавровий і двотавровий метал	3–5
Інші види прокату	2–3

### 2.2.1 Основи лінійного програмування

Лінійне програмування розглядає розв'язання системи  $m$ -лінійних алгебраїчних рівнянь із  $n$ -невідомими ( $n > m$ ) щодо лінійного рівняння тих же невідомих. Задача ставиться наступним чином при системі лінійних рівнянь:

$$A_{11}x_1 + A_{12}x_2 + A_{13}x_3 + \dots + A_{1n}x_n = B_1,$$

$$A_{21}x_1 + A_{22}x_2 + A_{23}x_3 + \dots + A_{2n}x_n = B_2,$$

.....

$$A_{m1}x_1 + A_{m2}x_2 + A_{m3}x_3 + \dots + A_{mn}x_n = B_m$$

і лінійної форми цих же невідомих:

$$Z = C_1x_1 + C_2x_2 + C_3x_3 + \dots + C_nx_n \quad (2.2)$$

знайти таке невід'ємне рішення, при якому лінійна форма

(цільова функція) приймає мінімальне (чи максимальне) значення. Для розв'язання завдання приймається засіб послідовного поліпшення вхідного (опорного) плану (симплекс-метод), що дозволяє провести повне дослідження завдання за кінцеве число однотипних кроків [1].

### 2.2.2 Формулювання задачі розробки оптимального варіанту розкрою вхідної лінійної заготовки на деталі наступним чином

З вхідних заготовок довжиною  $L$  вимагається нарізати деталі довжиною  $L_i$  у кількості  $N_i$ , при цьому необхідно мати деталі різноманітних довжин, тобто  $i = 1, 2, 3, \dots, m$ . Для кожної заготовки довжиною  $L$  можна використати кілька різноманітних варіантів розкрою. При цьому при  $j$ -м варіанті розкрою з однієї заготовки отримується  $A_{ij}$  деталей  $i$ -го виду ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ;  $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ) при величині відходів від однієї заготовки  $B_j$ . Вимагається знайти кількість заготовок, що розкроюються згідно  $j$ -го засобу, щоб нарізати задану кількість  $N_i$  деталей кожного розміру при забезпеченні мінімальних відходів так, щоб сумарні відходи при реалізації можливих варіантів розкрою вхідних заготовок були мінімальні:

$$Z = \sum_{j=1}^n B_j x_j \rightarrow \min, \quad (2.3)$$

при таких обмеженнях:

$$\sum_{j=1}^n A_{ij} = N_i (i = 1, 2, 3, \dots, m), \quad (2.4)$$

$$x_j > 0 (j = 1, 2, 3, \dots, n). \quad (2.5)$$

Рівняння (2.4) показує, що належна бути виготовлена необхідна кількість деталей  $i$ -го розміру внаслідок розкрою вхідних заготовок всіма обраними  $j$ -способами. Таких рівнянь буде стільки, скільки розмірів деталей –  $m$ [2].

Вирішувати потрібну задачу можна шляхом заповнення симплекс-таблиць. Однак у тому разі, коли  $m \geq 4$  розв'язання задачі оптимізації найбільш раціонально здійснювати з застосуванням

комп'ютерів.

### 2.2.3 Зразок розв'язання задачі оптимального розкрою на комп'ютері

З вхідних заготовок  $L = 8500$  мм необхідно нарізати деталі 4-х розмірів у заданих кількостях:

$L_1 = 850$  мм у кількості  $N_1 = 830$  шт;

$L_2 = 2050$  мм у кількості  $N_2 = 620$  шт;

$L_3 = 3100$  мм у кількості  $N_3 = 240$  шт;

$L_4 = 4400$  мм у кількості  $N_4 = 400$  шт.

Потребується знайти, яку кількість вхідних заготовок необхідно розрізати по кожному з можливих варіантів розкрою для отримання заданої номенклатури деталей при мінімальних відходах.

Для розв'язання задачі вибираємо можливі варіанти розкрою по кожному розміру. Для наведеного зразка результати 20 варіантів розкрою вхідної заготовки зведені до таблиці 2.2.

По даним, приведеним в таблиці 2.2 необхідно знайти кількість заготовок  $X_j$ , що розкроюються по  $j$ -му способу ( $j = 1, 2, 3, \dots, 20$ ), щоб забезпечити потрібну номенклатуру деталей на замовлення при мінімальних відходах, тобто знайти мінімум цільової функції  $Z$ .

При розрахунку на комп'ютері з застосуванням програми TRP2, отримані наступні результати:  $X_3 = 83$ ,  $X_5 = 280$ ,  $X_{17} = 120$ ,  $X_{19} = 60$  при значенні  $Z = 135000$  мм, при відносній величині відходів  $P = 2,62$  %, що дає можливість зробити висновок, що розроблений оптимальний варіант розкрою, т.я. величина відходів менше нормативної ( $P < 5$  %).

Таблиця 2.2 – Дані варіантів розкрою заготовки  $L = 8500$  мм

№ варіанту, $J$	Кількість деталей $A_{ij}$ , шт.				Сума $L_j$ , мм	Відходи $B_j$ , мм
	Деталь 1	Деталь 2	Деталь 3	Деталь 4		
1	0	4	0	0	8200	300
2	0	0	0	1	4400	4100
3	10	0	0	0	8500	0
4	0	0	2	0	6200	2300
5	0	2	0	1	8500	0
6	2	3	0	0	7850	650
7	5	2	0	0	8350	150
8	7	1	0	0	8000	500
9	0	2	1	0	7200	1300
10	4	0	0	1	7800	700
11	1	1	0	1	7300	1200
12	6	0	1	0	8200	300
13	5	0	1	0	7350	1150
14	2	1	0	1	8150	350
15	3	1	1	0	7700	800
16	1	2	1	0	8050	450
17	0	0	1	1	7500	1000
18	1	8	1	1	8350	150
19	0	1	2	0	8250	250
20	2	0	2	0	7900	600

На замовлення, шт.  $N_1 = 830$ ;  $N_2 = 620$ ;  $N_3 = 240$ ;  $N_4 = 400$ .

Розрахунки підтвердили, що виготовлена потрібна номенклатура деталей.

### 2.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Назвіть мету оптимізації розкрою вхідних заготовок на деталі для зварних конструкцій?

2. Перелічіть необхідні вхідні дані для розрахунку відносної величини відходів при розкрою металу, %?

3. Наведіть методика складання матриці обмежень (А М).
4. Розкажіть, як математично вирішується задача оптимізації (знаходження максимуму чи мінімуму) цільової функції?
5. Опишіть, як розробляється таблиця варіантів розкрою?
6. Опишіть суттєвість симплекс-методу розв'язання задач оптимізації.
7. Перелічіть шляхи зниження величини відходів при розкрої металу.

## 2.4 Порядок проведення лабораторної роботи

Ознайомитись з основами лінійного програмування і симплекс-методом розв'язання задач лінійного програмування.

Згідно з індивідуальним завданням (табл. 2.3) провести аналіз можливих варіантів розкрою вхідної лінійної заготовки довжиною  $L$  на деталі довжинами  $L_1, L_2, L_3, L_4$ . Скласти таблицю варіантів розкрою.

Таблиця 2.3 – Варіанти завдань до лабораторної роботи

№ В	$L$ , мм	Деталь 1		Деталь 2		Деталь 3		Деталь 4	
		$L_1$ , мм	$N_1$ , шт	$L_2$ , мм	$N_2$ , шт	$L_3$ , мм	$N_3$ , шт	$L_4$ , мм	$N_4$ , шт
1	8000	1450	1250	450	2350	940	1100	1200	800
2	8400	1150	2000	1000	2100	1050	880	800	1000
3	8600	980	1150	1080	1340	750	1000	850	2340
4	9200	1250	1200	980	1680	650	2000	1250	550
5	10000	900	2900	1050	890	600	3400	1200	890
6	9000	1600	1200	750	3200	520	2200	1200	1140
7	7800	800	1560	980	1160	1100	1320	890	1450
8	9600	1250	850	1100	1320	850	2000	730	1320
9	8000	870	1430	950	875	525	988	650	2250
10	12000	900	2300	1100	2100	1050	970	850	2150
11	8500	1250	1320	840	1430	1100	2100	420	3200
12	6200	425	2500	650	2200	550	1050	400	2540

Зразок розробки та складання таблиці розкрою і вхідних даних для вводу у комп'ютер наведений у п. 2.2.



За отриманими даними записати цільову функцію:

$$Z = \sum_{j=1}^n B_j x_j (j = 1, 2, 3, \dots, n). \quad (2.6)$$

Скласти чотири рівності, що враховують обмеження по кількості необхідних деталей  $N_i$ :

$$\sum_{j=1}^n A_{ij} = N_i (i = 1, 2, 3, 4) \quad (2.7)$$

Ввімкнути комп'ютер та запустити програму *TPPI*. Зробити аналіз програми та засвоїти порядок роботи по вводу вхідних даних для розрахунку.

По запиту комп'ютера ввести кількість варіантів розкрою. Після цього ввести дані по формулам (2.6) та (2.7) з таблиці 2.3.

По запиту комп'ютера ввести число  $N$ , рівне числу варіантів розкрою. Обчислити відносну величину відходів, для чого по запиту ввести довжину вхідної заготовки.

Перевірити кількість виготовлених деталей кожного розміру та їх відповідність заданої номенклатури. При позитивних результатах вивести отримані дані на принтер і вивести на принтер питання. Дати відповіді на поставлені запитання.

## 2.5 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Задача розкрою матеріалів при виробництві зварних конструкцій.
3. Вихідні дані та таблиці варіантів розкрою.
4. Результати розрахунків.
5. Аналіз результатів розрахунку.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 ПРОВЕДЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗКРОЮ ЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ З ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОГРАМИ «АСТРА-Д»**

### **3.1 Мета роботи**

Ознайомитись з програмою автоматизованого розкрою листових матеріалів «АСТРА-Д», одержати практичні навички при розробленні оптимального плану розкрою листа для виробництва зварних конструкцій.

### **3.2 Загальні відомості**

Розкроєм металу називають спосіб розташування заготовок на аркуші, смузі та ін. Найбільшу частину складають заготовки, що мають форму прямокутника або близьку до нього. Однак існує безліч фасонних заготовок, зовнішній контур яких утворений від перетину як прямих, так і кривих ліній.

У виробництві різної серійності з метою максимального використання матеріалу при отриманні заготовок необхідно прагнути відшукати найвигідніший варіант розкрою прокату і кращого використання відходів розкрою. При розкрої листа потрібно враховувати технологічні методи, що застосовуються для поділу листа на заготовки, так як від них залежить обраний варіант розкрою. Так, газове різання і різання на дискових і вібраційних ножицях допускають будь-яке розташування заготовок на аркуші. При гільйотинному різанні заготовки слід розташовувати так, щоб забезпечити можливість наскрізних прямолінійних розрізів уздовж або поперек листа або прямолінійні розрізи під кутом.

При одиничному і серійному випуску виробів з їх великою номенклатурністю найбільш раціональним є комбінований розкрій листа для різних деталей на кілька типорозмірів машин. Якщо контури заготовок різної форми вписуються в мінімальний прямокутник або

трапецію, необхідно використовувати метод кращого заповнення короткої сторони листа, метод розмірної послідовності і правила поєднання і зсуву.

Метод кращого заповнення короткої сторони листа, що дозволяє зменшити відходи некратності, полягає в наступному. Спочатку знаходимо таке кількісне поєднання двох габаритних розмірів заготовки, при якому найкращим чином можна заповнити коротку сторону листа, а потім знайденою комбінацією розташування заготовок заповнюємо значну частину довжини листа. Для решти листа застосовують той же принцип. Найкраще заповнення короткої сторони листа продиктовано тим, що смужка некратності, розташована уздовж листа, має більшу протяжність, ніж розташована поперек листа, і тому економія на її ширині дає більший виграш на площі відходів. Метод розмірної послідовності полягає в тому, що заготовки розміщують на аркуші в послідовності від більш великих до дрібних.

### 3.2.1 Програма «АСТРА-Д»

Програма «АСТРА-Д» призначена для автоматизованого розкрою листових матеріалів – металу, фанери, скла, пластиків та ін. Програма є потужним інструментом технолога, що дозволяє значно підвищити ефективність і скоротити час формування карт розкрою.

Система забезпечує завдання і зберігання інформації про заказника та матеріали; автоматичне та інтерактивне формування карт розкрою; розрахунок, зберігання та облік відходів; друкування карт розкрою та специфікацій.

При введенні даних про деталі та матеріали вказується їхня кількість, розміри, товщина, напрямок волокон і марка матеріалу. Істотною особливістю завдання вихідних даних є використання літерно-цифрового номеру деталі і найменування деталі в складі виробу, що відповідає її реальному представленню в конструкторській документації.

Програма дозволяє описати бібліотеку типових виробів і використовувати їх надалі при формуванні замовлень.

Автоматичний розкрій проводиться з обліком технологічних і

організаційних параметрів виробництва. Змінювані параметри дозволяють установити: ширину різа, обрізання краю листа, облік наскрізних різів, тип розкрою та ін.

При ручному редагуванні карт забезпечується ряд функцій швидкого і точного корегування розкрою: розміщення групи деталей на ширину різа, вирівнювання по загальній базі, зсув до упора та ін., при цьому підтримується скасування виконаних операцій, що дозволяє відновити попередній стан карти розкрою, і масштабування вікон документа.

При редагуванні, безпосередньо на карті розкрою, можна змінити властивості деталі: довжину, ширину й орієнтацію волокон (для фанери), досягаючи, таким чином, найбільш щільного укладання.

Розрахунок відходів виробляється як автоматично, так і в режимі діалогу. В залежності від встановлених параметрів, відходи автоматично розкроюються в наступних замовленнях. При роботі зі списком відходів, їх можна додавати, видаляти, сортувати чи фільтрувати по кожному з ознак: розміри, марка матеріалу, волокна (для фанери).

Для кожної карти розкрою формується комплект технологічної документації – ескіз і специфікація, що включають необхідну інформацію для виготовлення деталей і обліку виконаних робіт. Програма представляє аналітичні функції по плануванню замовлення матеріалу.

Для того щоб провести розкрий листового матеріалу на підприємстві необхідно знати чи є такий матеріал на складі.

Для цього в програмі «АСТРА-Д» передбачене робоче вікно «Листоной материал» (рис. 3.1), яке визивається за допомогою меню «Данные».

За допомогою цього інструменту можливо додати марку сталі з необхідною товщиною, довжиною, шириною та іншими параметрами. Додавання матеріалу здійснюється натисканням на кнопку «Добавить». В результаті чого з'явиться діалогове вікно «Добавление листа», де вводяться марка матеріалу та його параметри.

Вихід з цього розділу програми здійснюється за допомогою кнопки *OK* (у разі підтвердження дій) чи «Отмена» (у разі відміни дій).

Для формування розкрою листа необхідно створити нове замовлення. Для цього в меню «Данные» вибираємо пункт «Новый

заказ». На екрані з'явиться вікно «Новий заказ» (рис. 3.2). В строчці «Имя заказа» вводимо, наприклад: Первый заказ, а в строчці «Реквизиты заказа» вводимо, наприклад: ООО «Свобода». Після цього натискаємо на кнопку «OK».

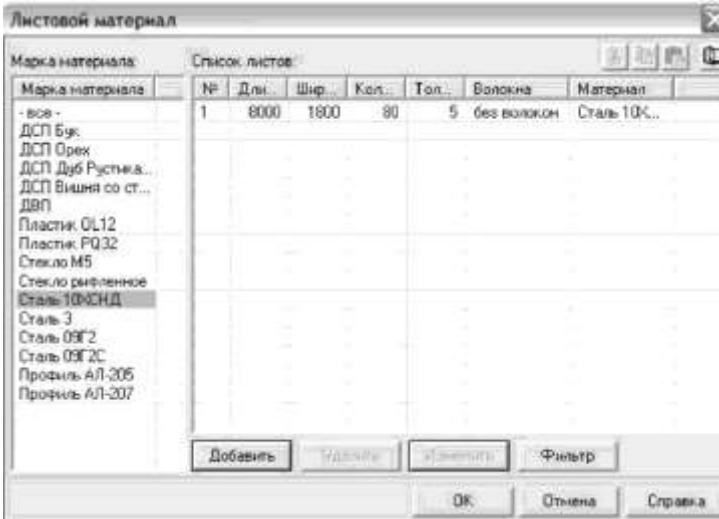


Рисунок 3.1 – Завдання листового матеріалу, що є на складі

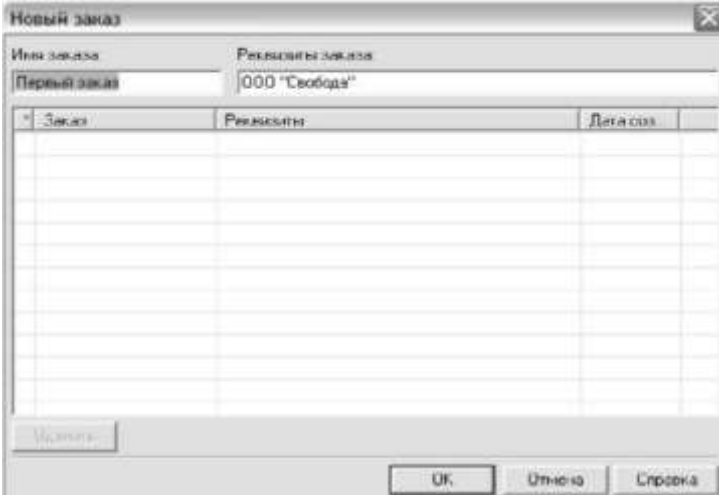


Рисунок 3.2 – Діалогове вікно «Новий заказ» програми АСТРА-Д  
На екрані монітора з'являється діалогове вікно «Формирование

заказа – Первый заказ» (рис. 3.3).

Задаючи необхідні дані (довжина; ширина; кількість; товщина, в залежності від наявності матеріалу на складі; марка матеріалу; найменування; вид кромок), формуємо замовлення. Підтверджуємо дії натисканням на кнопку «Добавить». Після цього вводимо інформацію про наступну деталь. І таким чином повторюємо операцію по всім заданим деталям. Натискаємо на кнопку «ОК». В результаті замовлення сформоване.

Формирование заказа - Первый заказ

Кратность заказа: 1

Свойства детали

Номер: 8

Длина, мм: 600

Ширина, мм: 400

Количество, шт: 10

Толщина, мм: 5

Волокна: Без волокон

Марка материала: Сталь 09Г2

Наименование: Стенка

Кромки

Сверху: - нет кромок -

Снизу: - нет кромок -

Слева: - нет кромок -

Справа: - нет кромок -

Добавить изделие... [Добавить] [Удалить]

Изделие	К...	№	Длина	Шри...	Кол...	Толщ.	Волокна	Материал
- не в заказе		1	150	230	25	5	без волокон	Сталь 09Г2
		2	235	600	12	5	без волокон	Сталь 09Г2
		3	350	350	8	5	без волокон	Сталь 09Г2
		4	600	400	10	5	без волокон	Сталь 09Г2

Кратность: [ ]

[ОК] [Отмена] [Справка]

Рисунок 3.3 – Діалогове вікно «Формирование заказа – Первый заказ» програми АСТРА-Д

Для проведення операції розкрою листового матеріалу на задані деталі в меню «Карта раскроя» вибираємо пункт «Раскрыть заказ». Через декілька секунд на екрані з'явиться повідомлення про те, що розкрій закінчено, чи бажаєте ви відкрити карту розкрою? Натискаємо на кнопку «Да». Для подальшого відкриття карти розкрою в меню «Карта раскроя» вибираємо пункт «Открыть карту». Після запиту про

відкриття карти програма показує варіант оптимального розкрою листового матеріалу заданих розмірів (рис. 3.4). У разі відсутності графічної інформації повторіть операцію «Открыть карту» ще раз.

Для автоматичного розрахунку мірних відходів натисніть на кнопку «Расчитать отходы». Програма автоматично покаже у вікні розкрою мірні відходи, що придатні для подальшого використання.



Рисунок 3.4 – Оптимальний розкрий листового матеріалу, отриманий за допомогою програми «АСТРА-Д»

### 3.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Назвіть призначення та область застосування програми автоматизованого розкрою листових матеріалів «АСТРА-Д».
2. Перелічіть основні етапи проведення розкрою за допомогою програми «АСТРА-Д».
3. Вкажіть, яким чином додати нову марку сталі у перелік листових матеріалів?
4. Перелічіть недоліки та переваги програми.

### 3.4 Порядок проведення лабораторної роботи

1. Зареєструватись (увійти до системи).
2. Запустити програму «АСТРА-Д» через меню Пуск/Програми/Астра-Д.

3. На екрані з'явиться робоче вікно програми. Ознайомитись з елементами меню та кнопками панелі за допомогою наведення на них курсором миші. Ознайомитись з довідковою системою програми «АСТРА-Д», вибравши в меню Справка/пункт/Содержание.

4. Згідно з індивідуальним завданням (табл. 3.1) провести розкрий листа для виробництва деталей заданих розмірів за допомогою програми «АСТРА-Д».

5. Провести автоматичний розрахунок мірних відходів розкрою.

Таблиця 3.1 – Варіанти завдань до лабораторної роботи

№	Матеріал	Товщина, мм	Деталь 1			Деталь 2			Деталь 3			Деталь 4		
			$l_1$	$s_1$	$k_1$	$l_2$	$s_2$	$k_2$	$l_3$	$s_3$	$k_3$	$l_4$	$s_4$	$k_4$
1	10ХСНД	5	300	500	16	250	600	11	200	200	5	150	700	6
2	09Г2	9	250	360	10	800	100	3	250	600	4	250	250	10
3	09Г2С	5	300	300	15	320	450	7	600	100	3	100	100	12
4	Сталь 3	6	300	150	20	450	200	6	500	500	4	800	450	3
5	10ХСНД	5	100	600	10	350	350	4	900	300	2	100	100	16
6	Сталь 3	12	350	350	12	300	600	7	900	900	1	600	100	3
7	09Г2С	5	600	250	9	350	350	5	900	150	3	200	450	7
8	Сталь 3	9	650	350	8	300	400	6	900	450	2	150	150	8
9	09Г2	5	600	100	15	350	700	2	120	120	6	150	500	3
10	09Г2С	5	200	600	8	150	150	7	200	200	5	800	250	2

$l_i$  – довжина  $i$ -ї деталі,  $s_i$  – ширина  $i$ -ї деталі,  $k_i$  – кількість  $i$ -х деталей.

### 3.5 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Загальні відомості про програму «АСТРА-Д».
3. Розрахунок за індивідуальним завданням.
4. висновки про доцільність використання програми «АСТРА-Д» та якість проведення розкрою.



## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4**

### **РОЗРАХУНОК ПОТРІБНОЇ КІЛЬКОСТІ РОБІТНИКІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗВАРНОЇ ДЕТАЛІ**

#### **4.1 Мета роботи**

Вивчити методику нормування часу на виробництво зварної конструкції та розрахунку потрібної кількості робітників і обладнання. Навчитись застосовувати електронні таблиці *EXCEL* для спрощення розрахунків.

#### **4.2 Загальні відомості**

Основна мета технічного нормування – встановлення для конкретних організаційно-технічних умов втрат часу, необхідних для виконання заданої роботи, тобто встановлення технічних норм часу чи норм виробітку. При цьому обумовлене найбільш раціональне використання виробничих можливостей та передового досвіду.

Технічні норми – головний критерій при розрахунках потрібної кількості та завантаження обладнання, визначення кількості працюючих для виконання завдань.

Обов'язковою умовою для встановлення обумовлених технічних норм часу чи виробітку – це розбиття технологічного процесу виробництва зварної конструкції на його складові частини: операції, переходи, комплекси прийомів, прийоми та рухи, аналіз продовження цих частин процесу в залежності від факторів, що на нього впливають, а також проектування найбільш економічно вигідної послідовності елементів процесу.

Технічне нормування технологічного процесу виробництва зварної конструкції складається з наступних видів втрат часу: підготовчо-заклучний, основний, додатковий, час на обслуговування робочого місця, час перерв. Всі ці норми часу встановлені за допомогою хронометражних робіт та містяться у додатковій літературі [1].

Річна трудомісткість певних видів робіт розраховується, виходячи із загальної кількості одиниць ремонтної складності технологічного обладнання, що підлягає технічному обслуговуванню, поточному, середньому і капітальному ремонту за рік (розрахунок річної трудомісткості аналогічний розрахунку річного обсягу певного виду робіт у годинах.).

Річний дійсний фонд часу роботи обладнання визначається за формулою:

$$F_d = F_n \cdot K_{в.о.}, \quad (4.1)$$

де  $F_n$  – номінальний фонд часу роботи обладнання;

$K_{в.о.}$  – коефіцієнт використання обладнання, що враховує регламентоване проектом обладнання в ремонтах ( $K_{в.о.} = 0,93-0,98$ ).

Кількість одиниць обладнання для виробництва певних видів робіт (верстатні, зварювальні і т.д.) визначається за формулою:

$$M_{об} = \frac{\sum T_{п.в.р.}}{F_d \cdot k_{з.о.}}, \quad (4.2)$$

де  $\sum T_{п.в.р.}$  – сумарна річна трудомісткість певних видів робіт, год;

$F_d$  – річний дійсний фонд часу роботи обладнання, год;

$K_{з.о.}$  – коефіцієнт завантаження (використання) обладнання.

Для розрахунку потрібної кількості обладнання поточної лінії для виробництва зварної конструкції необхідно визначити робочий такт з урахуванням перерв на відпочинок [2]:

$$R = \frac{s(T_{зм} - T_{пер})(1-a)(1-k_об)}{N_{в,сут}}, \quad (4.3)$$

$$N_{в,сут} = \frac{N}{255},$$

де  $S = 2$  – прийняте число змін за добу;

$T_{зм} = 480$  хв – тривалість зміни;

$T_{пер} = 20$  хв – тривалість перерви для відпочинку за зміну;

$a = 5\%$  – величина добового браку за зміну;

$k_{об} = 5\%$  – витрати часу на ремонт та обслуговування обладнання;

$N_{доб} = 255$  – добова програма випуску, шт/добу;

$N = 9000$  шт/доба – річна програма випуску продукції.

Розрахунок необхідної кількості обладнання за видами робіт.

Кількість печей за видами термічної обробки (крім цементації) визначається за формулою:

$$M_{\text{п}} = \frac{O_{\text{т.о.}}}{\text{ПР}_{\text{п}} \cdot F_{\text{д}} \cdot k_{\text{в.о.}}}, \quad (4.4)$$

де  $O_{\text{т.о.}}$  – річний обсяг робіт за видами термічної обробки, кг;

$\text{ПР}_{\text{п}}$  – продуктивність печі, кг/год;

$K_{\text{в.п.}}$  – коефіцієнт використання поду печі по масі (для дрібносерійного виробництва  $K_{\text{в.п.}} = 0,5-0,8$ ).

Кількість необхідних верстатів для механічної обробки визначається за формулою:

$$M_{\text{с}} = \frac{T_{\text{в}} + T'_{\text{в}}}{F_{\text{д}} \cdot k_{\text{з.о.}}}, \quad (2.5)$$

де  $T_{\text{в}}$  – річна трудомісткість верстатних робіт по ремонту технологічного устаткування, год;

$T'_{\text{в.о.}}$  – річна трудомісткість верстатних робіт для власних потреб підприємства, год;

$k_{\text{з.о.}}$  – коефіцієнт завантаження верстатів ( $k_{\text{з.о.}} = 0,75-0,80$ ).

Отримана кількість одиниць обладнання розподіляється за типами верстатів, виходячи з обсягу механічних робіт за видами обробки. Приблизне розподілення верстатного парку за типами верстатів наводиться в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Процентний розподіл верстатного парку за типами верстатів

Тип верстата	У % до загальної кількості верстатів
токальні	50–60
фрезерні	10–12
свердлильні	10–15
шліфувальні	8–10
стругальні і довбальні	5–10
зуборізні	3–5
інші	3–5

Кількість виробничих одиниць обладнання на кожній  $i$ -й операції визначається за формулою:

$$C_{об} = \frac{t_i}{R}, \quad (4.6)$$

де  $t_i$  – норма часу на  $i$ -ту операцію.

Кількість робочих місць визначається в залежності від кількості потрібного обладнання з урахуванням додаткової допомоги зі сторони підручних [2].

Для проведення розрахунків норм часу, потрібного обладнання, а також робочих місць доцільно використовувати програму електронних таблиць *Excel*, що входить до стандартного пакету *Microsoft Office*. Зручна в користуванні система, дозволяє робити різноманітні розрахунки за допомогою введення формул.

#### 4.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Вкажіть, яка методика нормування часу на виробництво зварної конструкції.
2. Назвіть методику розрахунку потрібної кількості обладнання та робітників.
3. Перелічіть основні принципи роботи з електронними таблицями *Microsoft Excel*.
4. Назвіть переваги проведення розрахунків із застосуванням програми *Microsoft Excel*.

#### 4.4 Порядок проведення лабораторної роботи

Нормування операцій методом технічного розрахунку норм часу по нормативам проведемо на прикладі виробництва зварної двотаврової балки. Технологічний процес виробництва складається з операцій, приведених на рисунку 4.1.

Увійти в систему та запустити програму *Microsoft Excel* з меню «Пуск/Програми».

У відкритому вікні «Таблиця Г», містяться листи Лист1, Лист2,

Лист3. Для зручності користування змінимо їх назви. Для цього правою кнопкою натискаємо на назві листа, з контекстного меню вибираємо «Переименовать...». Замінімо їх відповідно на: «Норми часу, Необхідне обладнання, Робітники» (рис. 4.2).

На листі Норми часу в клітині A1 записуємо: Розрахунок норм часу на виробництво двотаврової балки. Виділивши діапазон клітин A1:C1 з'єднаємо їх за допомогою кнопки «Объединить и поместить в центр».

У відповідності з технологічним процесом (рис. 4.1) по кожній операції розпишемо на листі Excel затрати часу (рис. 4.2). Введемо операції з 1 по 5 так, як показано на рис. 4.2. Час на збирання балки складається з часу на збирання та часу на встановлення прихваток.

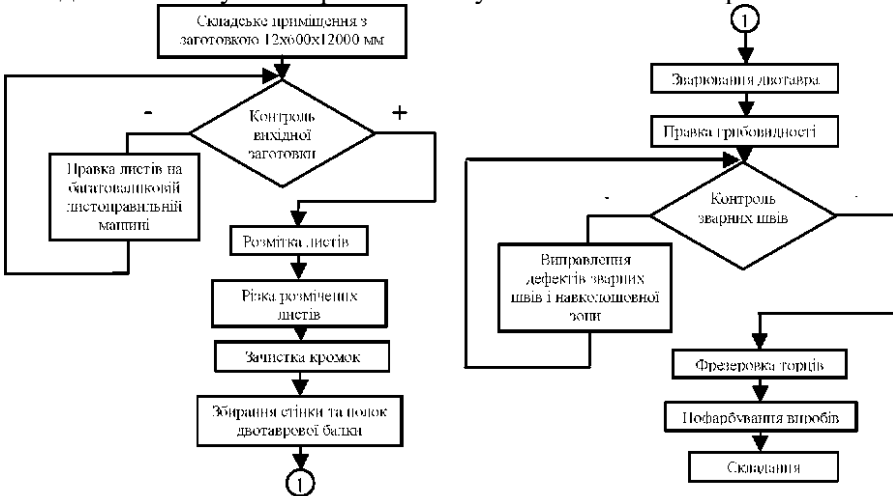


Рисунок 4.1 – Блок-схема технологічного процесу виробництва зварної двотаврової балки

При цьому час на збирання буде складатися з: часу на прийом 3-х листових елементів в горизонтальному положенні, поворот на 90° і подача в збиральний стан, часу на встановлення листових елементів на магнітний стіл та часу на підйом полки над роликами та затискання їх для проведення прихватування. Тобто в клітинці C9 вводимо формулу: = C10 + C11 + C12.

	A	B	C
1	<b>Розрахунок норм часу на виробництво двотазової балки</b>		
2			
3	1.	Контроль якості вхідної заготовки	14,49
4	2.	Правка заготовки на багатовалкової листопрямильній машині	4,05
5	3.	Розмітка заготовки	5,18
6	4.	Різання заготовки на ножицях	2,74
7	5.	Зачистка продольних кромek	0,82
8	6.	Зборка стінок і полки та прихватка	7,10
9		- час на зборку	2,10
10		- час на прийом 3-х листових елементів в горизонтальному положенні, оберт на 90° і подача в збиральний стан	1,25
11		- час на встановлення листових елементів на магнітний стіл	0,50
12		- час на підйом полки над роликami та затискання їх для проведення прихватки	0,35
13		- час на встановлення прихваток	5,00
14		- час на операцію: взяти та відкласти горілку	0,15
15		- час на встановлення однієї прихватки	0,30
16		- час на переміщення зварювальника від однієї прихватки до міста постановки іншої	0,20
17		- кількість прихваток	8,00
18	7.	<b>Операції зварювання</b>	<b>18,64</b>
19		- час на проведення зварювання	8
20		- довжина шва, м	4,00
21		- швидкість зварювання, м/хвил	0,50
22		- додатковий час	10,64
23		- час на встановлення заготовки на цепной кантувач	1,5
24		- час на операцію: взяти та відкласти горілку	0,15
25		- час на включення та відключення зварювальної апаратури	0,2
26		- час на поворот заготовки в цепному кантувачі	1,5
27		- час на зачистку зварного шва	0,36
28		- час на прийом взяти та відкласти зачистну машину	0,15
29		- час на зняття двотазової балки з цепного кантувача	1,2
30	8.	<b>Проведення правки грибовидності</b>	<b>8,97</b>
31	9.	<b>Контроль зварних швів</b>	<b>5,12</b>
32	10.	<b>Фрезерування торців</b>	<b>42,95</b>

Рисунок 4.2 – Загальний вид листа «Норми часу»

Час на встановлення прихваткувань складається з: часу на операцію: взяти та відкласти пальник, часу на встановлення одного

прихватування та часу на переміщення зварювальника від одного прихватування до міста постановки іншої. В клітинці C13 записуємо формулу:

$$(C14 + C15) \times C17 + C16 \times (C17 - 1),$$

де C17 – клітина, що відповідає кількості прихватувань.

Час на операції зварювання складається з часу на проведення зварювання, що визначається за формулою  $d9 = C20/C21$ , та додаткового часу, який обчислюється:

$$C22 = C23 + (C24 + C25 + C27 + C28) \times 4 + C29 + C26 \times 3,$$

де 4 – кількість швів двотавру;

3 – кількість переворотів балки цепним кантувачем.

Пункти 8–10 заповнюємо у відповідності з рисунку 4.2.

Розрахунок потрібної кількості обладнання проведемо на листі «Необхідне обладнання». Оформлення таблиці проводимо у відповідності з рисунку 4.3.

	A	B	C	D
1		Розрахунок потрібної кількості обладнання		
2		Робочий такт	23,53	
3	№	Назва операції	Кільк. виробн. оден. обладн.	Кількість обладнання
4	1.	Контроль якості вхідної заготовки	0,62	1
5	2.	Правка заготовки на багатовапковій листопрівільній машині	0,17	1
6	3.	Резмітка заготовки	0,22	1
7	4.	Різання заготовки на ножицях	0,12	1
8	5.	Зачистка продольних кромки	0,03	1
9	6.	Зборка стінок і полки та прихватка	0,30	1
10	7.	Операції зварювання	0,79	1
11	8.	Проведення правки грибовидності	0,38	1
12	9.	Контроль зварних швів	0,22	1
13	10.	Фрезерування торців	1,83	2
14				
15				
16				
17				

Рисунок 4.3 – Лист «Необхідне обладнання»

Визначимо робочий такт поточної лінії за формулою (4.1). Для цього в клітинці *C3* записуємо формулу:

$$= 2 \times (480 - 20) \times (1 - 0,05) \times (1 - 0,05) / 35,29.$$

Діапазон клітин *A4:B13* заповнюємо у відповідності з технологічним процесом. Для визначення кількості обладнання користуємося формулою (2.2). В клітині *C4* записуємо формулу: – Норми часу!*C3*/*C\$2*. Символ \$ говорить про те, що клітина *C2* для подальшого автозаповнення залишається незмінною. Діапазон клітин *C4: C9* заповнюємо автоматично. Для цього встановлюємо активною клітину *C4*, розміщуємо курсор у правому куті цієї клітини, доки він не перетвориться у «хрестик», а потім перетягуємо до клітини *C9*.

В клітині *C10* записуємо формулу:

$$='Нормичасу'!C18/C2,$$

а в *C11*:

$$='Нормичасу'!C30/C$2.$$

За допомогою авто заповнення заповнюємо діапазон клітин *C11:C13*. Отримані числа свідчать на скільки використовується обладнання на виробництво кожної операції. Для знаходження потрібної кількості обладнання використаємо математичну функцію *Excel*: ОКРУГЛВВЕРХ(число; число\_розрядів) – округлює число до більшого за модулем.

В клітинці *D4* записуємо формулу:

$$=ОКРУГЛВВЕРХ(C4;0).$$

За допомогою автозаповнення заповнюємо діапазон клітин *D4:D13*.

Переходимо на лист Робітники, проводимо розрахунок кількості робочих місць. Оформлюємо таблицю у відповідності з рисунком 4.4.

В загальному випадку кількість робочих місць визначається у відповідності з кількістю одиниць обладнання. Тобто в клітинці *C4* листа Робітники можна записати формулу:



= 'Необхідне обладнання' D4.

За допомогою автозаповнення заповнити весь діапазон клітин C4:C13. Але ж іноді, наприклад, для проведення зачистки поверхонь, потребується підручний робітник. Тобто після проведення розрахунку необхідно проаналізувати отримані результати та встановити чи необхідні допоміжні робітники.

	A	B	C
1	<i>Розрахунок потрібної кількості робочих місць</i>		
2			
3	<b>№</b>	<b>Назва операції</b>	<b>Кільк. робочих місць</b>
4	1.	Контроль якості вхідної заготовки	1
5	2.	Правка заготовки на багатовалковій листопрівільній машині	1
6	3.	Розмітка заготовки	1
7	4.	Різання заготовки на ножицях	1
8	5.	Зачистка продольних кромek	1
9	6.	Зборка стінок і полки та прихватка	1
10	7.	Операції зварювання	1
11	8.	Проведення правки грибовидності	1
12	9.	Контроль зварних швів	1
13	10.	Фрезерування торців	2
14			
15			
16			
17			
18			

Готово

Рисунок 4.4 – Лист «Робітники»

#### 4.5 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Загальні відомості про нормування часу, визначення потрібної кількості обладнання та робітників для виробництва зварної деталі.

3. Технологічний процес виробництва двотаврової балки.
4. Загальні норми часу, кількість обладнання та кількість робітників у вигляді звітної таблиці.
5. Висновки по роботі.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5**

### **РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ОСНОВНИХ ТА ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ І ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЗВАРНИХ ВИРОБІВ**

#### **5.1 Мета роботи**

Вивчити методику нормування витрат основних та допоміжних матеріалів та електроенергії на задану програму виробництва зварних виробів та конструкцій. Набути навичок по практичному застосуванню цієї методики.

#### **5.2 Загальні відомості**

Матеріали, що використовуються при виробництві зварних конструкцій підрозділяються на дві груп:

а) основні матеріали, які входять до складу виробів, що виготовляються:

- прокатний метал різноманітного сортаменту;

- деталі, що підлягають виготовленню виробів, які передбачені до виготовлення в інших цехах заводу з наступною доставкою до збирально-зварювального цеха;

- напівфабрикати і металовироби, включаючи електроди для дугового зварювання, електродний і присадний дріт, заклепки, болти;

б) допоміжні матеріали, що використовуються при виготовленні заданої продукції, але не входять до її складу:

- флюси для дугового і газового зварювання;

- гази і пальні матеріали для газоелектричного і газового зварювання та різання;

- технологічне паливо;

- мастильні й обтиральні матеріали і т.п.

Потреба в прокаті кожної марки металу і сплаву встановлюється по кожній групі його сортаменту окремо: матеріал листовий, широкосмуговий (універсал), смуговий, квадратний, кутовий, швелер,

тавр, круглий, труби і т. д. Всередині кожної групи матеріал розподіляється по розмірах.

Потрібна кількість прокату  $G_{np}$  кожної групи сортаменту визначається:

$$G_{np} = \frac{\sum g_{np}}{1 - 0,01 \cdot P_{від}}, \quad (5.1)$$

де  $\sum g_{np}$  – сума (на задану або приведену річну програму) чистої маси деталей  $g_{np}$ , передбаченої до виготовлення з металу даного сортаменту (встановлюють шляхом вибірки зі специфікацій);

$P_{від}$  – кількість відходів прокату в % від ваги:

листовий метал	4–8
широкосмуговий	4–6
смуговий і кутовий	2–4
труби, круглий і квадратний метал	2–4
швелери	3–5
інші види прокату	2–3.

При детальних розрахунках  $P_{від}$  визначається за картами розкрою.

Розрахунок потреби у визначеному прокаті записується у відомість річної потреби й у зведену загальну відомість потреби прокату підприємства на річну програму.

Кількість готових деталей і напівфабрикатів, що поступають у збирально-зварювальний цех з інших цехів, складу визначають зі специфікацій, що прикладаються до креслень виробів.

Річна потреба в електродах (дротах)  $G$  для дугового зварювання на програму при детальних розрахунках визначається по формулі:

$$G = \sum \frac{G_{нП}}{K_n} (1 + K_e), \quad (5.2)$$

де  $\Pi$  – кількість виробів на річну програму;

$G_{нП}$  – маса наплавленого металу на один виріб (вузол), кг;

$K_n$  – коефіцієнт переходу металу з електрода в шов (табл. 5.1);

$K_e$  – відношення маси електродного покриття до маси електродного дроту; для електродів  $K_e = 0,4$ , для дротів  $K_e = 0$ .

Витрата флюсу  $G_{фл}$  для автоматичного і напівавтоматичного

зварювання може бути підрахована за показниками

$$G_{\text{фл}} = K_{\text{ф}} \cdot G. \quad (5.3)$$

де  $K_{\text{ф}}$  - коефіцієнт витрати флюсу (табл. 5.2).

Таблиця 5.1 – Коефіцієнт переходу металу з електрода в шов

Зварювальний матеріал	$K_n$
Електроди із тонким покриттям	0,65–0,75
з товстим покриттям	0,80–0,95
Електродний дріт для автоматичного зварювання під флюсом	0,92–0,99
те ж середнє значення	0,96
те ж для спрощених розрахунків	1,00
Присадний дріт для зварювання газового, дугового у $CO_2$ і в $Ar$ (менші значення відносяться до більш товстого дроту)	0,95–0,98

Таблиця 5.2 – Коефіцієнт витрати флюсу

Вид зварювання	$K_{\text{ф}}$
Звичайні виробничі умови	1,1–1,8
Те ж (середнє значення)	1,4
При ретельному зборі і використанні залишків при: автоматичному дуговому зварюванні	1,0–1,1
напівавтоматичному дуговому зварюванні	1,2–1,4
напівавтоматичному зварюванні сировини електрозаклепками	2,7–3,0
електрошлаковому процесі	0,05–0,1

Витрати вольфрамових електродів при дуговому зварюванні в аргоні неплавким електродом діаметром 2 мм – 4 мм (зварювальний струм 50 А) – 0,04 г/м шва.

Витрата газів при газоелектричному дуговому зварюванні:

- аргону 0,03 дм<sup>3</sup>/с – 0,05 дм<sup>3</sup>/с;

- вуглекислого газу 0,03 дм<sup>3</sup>/с.

Витрата електродного матеріалу при контактному зварюванні може бути підрахована за даними таблиці 5.3 у залежності від режиму.

Витрата газів і рідкого пального при газовому зварюванні і різанні визначається за даними технологічних режимів цих процесів.

Витрати електроенергії визначаються приблизно при різних

зварюваннях сталевих деталей дуговими (табл. 5.4) та контактними способами (табл. 5.5, 5.6).

Витрати силової електроенергії, стиснутого повітря для привода механізмів зварювальних верстатів і апаратів, а також холодної води встановлюють за технічними характеристиками вибраного устаткування і ступеня його завантаження.

Таблиця 5.3 – Витрати електродного матеріалу при контактному зварюванні

Вид зварювання	Витрата
Стикове зварювання перетином, мм <sup>2</sup> 250 750 2000	24 –30 г/ 1000 стиків
	56–67 г / 1000 стиків
	140–170 г / 1000 стиків
Точкове зварювання, сумарна товщини в мм: > 3 < 3	10 г – 27 г / 1000 точок
	15 г – 35 г / 1000 точок
Роликове зварювання, сумарна товщина < 4 мм	7 г – 9 г / 1000 м шву

Таблиця 5.4 – Витрати електроенергії при різних способах дугового зварювання сталевих деталей

Вид зварювання	Витрата, МДж/кг наплавленого металу
Ручне при роботі від: - зварювальних трансформаторів ККД установки 0,8–0,86	12,6–14,4
- однопостового зварювального агрегату постійного струму з приводом від електродвигуна ККД установки 0,44–0,57; $\cos \varphi = 0,6-0,7$	21,6–25,2
- багатопостового зварювального генератора постійного струму ККД установки 0,71–0,75; $\cos \varphi = 0.8-0,85$	36,0–39,6
Автоматичне зварювання під флюсом ККД 0,85–0,89	10,8–14,4

Таблиця 5.5 – Витрати електроенергії при стиковому зварюванні оплавленням ( $\cos \varphi = 0,6 \dots 0,64$ )

Площа поперечного перерізу стику, мм <sup>2</sup>	100	200	300	500	1000	1500	2000	2500
Витрата електроенергії на зварювання 1 стику, МДж/стик	1,022	0,086	0,216	0,45	1,44	2,97	4,58	6,20

Таблиця 5.6 – Витрати електроенергії при точковому зварюванні на автоматичних машинах\*

Сумарна товщина листів, що зварюються, у мм	2	4	6	8	10	12
Витрата електроенергії на 100 точок у МДж	0,14	0,29	0,49	0,93	1,37	2,23

\* При зварюванні на не автоматизованих машинах витрата збільшується в 2–4 рази.

Інші допоміжні обтиральні і змащувальні матеріали й електроенергія, споживана при експлуатації усялякого верстатного устаткування підраховується за відповідними питомими нормами в залежності від ступеня використання устаткування, загальної кількості його роботи і загальної встановленої потужності.

Числові значення цих витрат визначають при підрахунках експлуатаційних витрат по цеху і тому в технологічні карти не вносять.

Витрата електродного дроту при укрупнених розрахунках приймається масі наплавленого металу шва з урахуванням 3 % втрат на обрубку кінців дроту при зарядці касет, не використовувани кінці і т. д.

Витрата флюсу визначається дослідним шляхом. Для орієнтовних розрахунків витрата флюсу може бути прийнята 1,2–1,4 від маси електродного дроту, що витрачається.

Витрата електроенергії на погонну довжину шва 1 м при напівавтоматичному і автоматичному зварюванні (без додаткових витрат електроенергії на обертання виробу, пересування трактора і т. д.):

$$A_{\text{е.п.м.}} = \frac{\omega_{\text{д}}}{\eta v_{\text{зв}}},$$

де  $\omega_{\text{д}}$  – потужність зварювальної дуги, кВт;

$\eta$  – ККД установки, що приймається в залежності від її типу;  
 $v_{зв}$  – швидкість зварювання, м/год [3].

### 5.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Назвіть основні та допоміжні матеріали.
2. Розкажіть, яка методика нормування основних та допоміжних матеріалів при виробництві зварних виробів?
3. Вкажіть, як нормується силова електроенергія для механізмів зварювального обладнання?
4. Розкажіть, яка методика нормування електроенергії.

### 5.4 Порядок проведення лабораторної роботи

Ознайомитися з методикою нормування витрат основних і допоміжних матеріалів та електроенергії.

За даними, що наведені в таблиці 5.7 у відповідності зі своїм варіантом провести розрахунок потрібної кількості прокату, електродних матеріалів, флюсу, захисних газів та витрати електроенергії в залежності від способу зварювання.

Таблиця 5.7 – Дані для розрахунку витрат матеріалів та електроенергії

№ варіанту <i>N</i>	Кільк. виробів на річну прогр., <i>П</i> , шт.	Вид прокату	Чиста маса однієї деталі, кг	Маса наплавленого металу на один виріб, $G_n$ , кг	Спосіб зварювання
1, 11, 21	4000	Лист	100+N	7+N/10	АЗФ
2, 12, 22	3000	Полоса			Аргон
3, 13, 23	5000	Кутовий			
4, 14, 24	5500	Труби			Напівавт.
5, 15, 25	4200	Швелер			АЗФ



## Продовження таблиці 5.7

№ варіанту <i>N</i>	Кільк. виробів на річну прогр., <i>П</i> , шт.	Вид прокату	Чиста маса однієї деталі, кг	Маса наплавленого металу на один виріб, $G_n$ , кг	Спосіб зварювання
6, 16, 26	3700	Круг			
7, 17, 27	6000	Квадрат			W-електрод
8, 18, 28	5500	Інший			Напівавт.
9, 19, 29	4500	Широка полоса			Аргон
10, 20, 30	3500	Круглий			АЗФ

## 5.5 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Основні положення по нормуванню витрат основних і допоміжних матеріалів та електроенергії.
3. Розрахунок за індивідуальним завданням.
4. Висновки по роботі.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6 АВТОМАТИЗОВАНЕ ЗАПОВНЕННЯ МАРШРУТНОЇ КАРТИ**

### **6.1 Мета роботи**

Вивчити методику заповнення маршрутної карти за допомогою ПК IBM PC XT/AT.

### **6.2 Загальні відомості**

При складанні технологічного процесу від технолога вимагається заповнення маршрутної карти. Процес трудомісткий, вимагає наявності стандартних форм, знання обладнання, оснащення, ГОСТів, матеріалів і т. п. У зв'язку з тим, що заповнення маршрутних карт дуже трудомісткий процес, тому автоматизація процесу є актуальною задачею, особливо із застосуванням персональних комп'ютерів.

### **6.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи**

1. Розкажіть, яка методика заповнення маршрутних карт.
2. Перелічіть відомості, які необхідні для заповнення маршрутних карт.
3. Поясніть, звідки беруться дані для заповнення параметрів режиму зварювання?
4. Вкажіть, який склад операцій технологічного процесу зборки та зварювання?
5. Поясніть, як робиться розрахунок технічної норми часу?

#### 6.4 Порядок проведення лабораторної роботи

1. Включити ПК, набрати у командному рядку ДОС текст d: MK.

2. Ознайомитися із змістом екрану дисплею.

3. Заповнення маршрутної карти ведеться у діалоговому режимі. При висвітленні меню, управління вікном меню робиться на додатковій цифровій клавіатурі при натиснутій клавіші «Num Lock» клавішами «←», «→», «↑», «↓». Значення у дужках, це значення по умовчання, тобто, якщо на екрані дисплею виводиться рядок. Код конструкторського документу ГКИЮ.680000.OXX.CB / 18 знаків /, де XX – номер індивідуального завдання, при натиску клавіші Enter без вводу яких або символів.

4. Введіть значення коду технологічного документу ГКИЮ 10190.0000X., де X – номер документа.

5. В операціях «Контроль» та «Ввод с клавиатуры» основного меню можливо найменування документа перевершить 55 символів. Для того, щоб написати його повністю введіть назву документа по частинам. Це виробляється теж у діалоговому режимі. Якщо ви розпочали програму із заповнення титульного листа, то після цього його можна:

1) відразу роздрукувати, підвівши вікно меню до пункту «Печать титульного листа»;

2) продовжити програму, заповнюючи далі маршрутну карту, а в кінці роздрукувати маршрутну карту та титульний лист окремо.

Якщо ви пішли по другому шляху, то після запиту «Что вы хотите выполнить» підведіть вікно меню до пункту «Изменить форму карты» натисніть «Enter» та введіть необхідну форму маршрутної карти – тобто форму 2 чи форму 1б.

6. Після вводу якого-небудь значення з меню на екран дисплею виводиться питання «Требуется ли еще ввод» «да/нет», натиснувши на необхідну клавішу ви продовжите роботу з програмою. Якщо у меню не вимагається інформація, підведіть вікно меню до пункту «Вывод» та натисніть «Enter», після цього натисніть клавішу «n» та продовжить роботу із програмою. Якщо немає потрібних даних у меню, підведіть вікно меню до пункту «Ввод с клавиатуры», натисніть «Enter» і після запиту введіть необхідні дані. Після закінчення друку на екрані

з'явиться напис «Хотите продолжить работу с программой», натиснувши клавішу «д», ви продовжите роботу, при натиску клавіші «н» виробляється повернення у ДОС.

7. Заповнити титульний лист. Уважно стежити за появою рядків та заповненням їх. Роздрукувати титульний лист.

8. Розпочати заповнення маршрутної карти форми 2. По запиту машини ввести запровадити п. 1. б. конструктора, керівника і нормоконтролера. Ввести код конструкторського документа / 18 знаків / дивись вище, код технологічного документа / 17знаків //. По запиту машини ввести номер операції, код та найменування операції, код документа по техніці безпеки. В другому рядку ввести обладнання, професію та розряд виконавця і норму штучного часу. По запиту машини ввести дані у наступні рядки карти. Для кожної операції вводити дані по її заповненню у відповідності з вище описаними. Після заповнення форми 2 розпочати заповнення форми 1.б по вище описаній методиці.

9. При необхідності заповнення відомостей не включених у маршрутні карти скористуватися командою «требуется ли еще ввод» «да/нет», набравши «да» ввести необхідну інформацію. Після заповнення маршрутних карт вивести їх на принтер, шляхом натиску на відповідну клавішу з меню.

## 6.5 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Основні команди та їх виконання.
3. Виконані на машині маршрутні карти.
4. Висновки по роботі.

## **ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ**

Під час виконання лабораторної роботи треба дотримуватися вимог Техніки безпеки, Правил протипожежної безпеки та Правил користування комп'ютерним класом, інструктаж з яких проводиться на початку семестру відповідальним працівником комп'ютерного класу, в якому заплановано проведення занять.

При виконанні лабораторних робіт слід виконувати всі вимоги викладача та відповідального працівника комп'ютерного класу, звертатися до них у разі виникнення будь-яких незрозумілостей під час роботи.

Слід пам'ятати: у випадку, якщо користувач покидає своє робоче місце без виходу зі свого робочого режиму, або переказує свій пароль іншим особам, можливі наступні негативні наслідки:

- несанкціоновані вилучення або оновлення файлів користувача, зміна його пароля;
  - використання доступних користувачеві ресурсів не за призначенням;
  - виконання дій у мережі, що караються, під ім'ям користувача.
- Тому необхідно періодично міняти свій пароль і стежити за зберіганням його у секреті.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кривов Г. О. Виробництво зварних конструкцій [Текст] : підручник / Г. О. Кривов, К. О. Зворикін. – К. : КВПЦ, 2012. – 896 с.
2. Чертов І. М. Зварні конструкції [Текст] : підручник / І. М. Чертов. – К. : Арістей, 2006 – 376 с.
3. Чертов А. І. Технологічне супроводження виготовлення зварних металоконструкцій [Текст] : навч. посіб. / А. І. Чертов, І. М. Чертов. – К. : НТУУ «КПІ», 2015. – 340 с.
4. Карпенко А. С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві [Текст] : навч. посібник / А. С. Карпенко. – Київ : Арістей, 2006. – 272 с.