

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

# **ПРОЄКТУВАННЯ МАШИНОБУДІВНИХ ВИРОБНИЦТВ**

методичні вказівки до практичних занять  
для спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
підготовки освітнього рівня  
«магістр»

Тернопіль  
2022

УДК 624.922  
М-11

Укладачі:

*Комар Р.В.*, канд. техн. наук, доцент;  
*Окіпний І.Б.*, канд. техн. наук, доцент;  
*Сенчишин В.С.*, канд. техн. наук, доцент.

Рецензент:

*Дзюра В.О.*, докт. техн. наук, професор.

Методичні вказівки розглянуто й схвалено на засіданні методичного семінару кафедри інжинірингу машинобудівних технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Протокол № 8 від 22 лютого 2022 року.

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні методичної ради факультету інженерії машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Протокол 6 від 24 лютого 2022 року.

**Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Проектування машинобудівних виробництв» зі спеціальності М-11 131 Прикладна механіка для підготовки освітнього рівня «магістр» / Укладачі : Комар Р.В., Окіпний І.Б., Сенчишин В.С. – Тернопіль : 2022. – 42 с.**

Відповідальний за випуск: доц. *Комар Р.В.*

© Комар Р.В., Окіпний І.Б.,  
Сенчишин В.С. .... 2022  
© Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя, ..... 2022

## ЗМІСТ

Загальні відомості .....	5
1 Практичне заняття №1. Встановлення типу виробництва, трудомісткості робіт, кількості металорізального обладнання та площі механічної дільниці .....	5
1.1 Встановлення типу виробництва .....	5
1.2 Встановлення трудомісткості робіт .....	6
1.3 Встановлення кількості металорізального обладнання та площі дільниці .....	7
2 Практичне заняття №2. Визначення кількісного складу працюючих за категоріями, кількості робочих місць та площі складальної дільниці .....	11
2.1 Визначення кількісного складу працюючих в механічному відділенні за категоріями .....	11
2.2 Визначення кількості робочих місць .....	12
2.3 Визначення кількісного складу працюючих в складальному відділенні за категоріями .....	13
2.4 Визначення виробничої площі складальної дільниці .....	14
3 Практичне заняття №3. Розрахунок та призначення площ допоміжних відділень механоскладального цеху .....	15
3.1 Заточне відділення .....	15
3.2 Цехова ремонтна база (ЦРБ) .....	15
3.3 Відділення для відведення та переробки стружки .....	16
3.4 Відділення для приготування мастильно-охолоджувальних рідин (МОР), склад масел .....	16
3.5 Пункти відділу технічного контролю .....	17
3.6 Системи електропостачання, стисненого повітря та мікроклімату .....	17
3.7 Склад заготовок .....	18
3.8 Заготівельне відділення .....	20
3.9 Визначення загальної площі механоскладального цеху .....	20
3.10 Визначення площі службово-побутових приміщень .....	21
4 Практичне заняття №4. Вибір типорозмірів вантажопідійомних і транспортних засобів, розрахунок їх кількості .....	22
4.1 Визначення кількості наземного транспорту .....	22
4.2 Визначення кількості кранового обладнання .....	23
5 Практичне заняття №5. Розробка компоувального плану механоскладального цеху .....	25
5.1 Вибір розмірів уніфікованих типових секцій (УТС) .....	25
5.2 Встановлення меж цеху і відділень .....	26
5.3 Вибір поперечного прольоту цеху .....	28
6 Практичне заняття №6. Розробка компоувального плану службово-побутових приміщень механоскладального цеху .....	29
6.1 Вибір розмірів уніфікованих типових секцій (УТС) .....	29
6.2 Розробка плану службово-побутових приміщень цеху та його поперечного перерізу .....	31

7 Практичне заняття №7. Розрахунок параметрів обладнання	
дільниці цеху автоматизованої гнучкої виробничої системи .....	32
7.1 Розрахунок обладнання дільниці цеху автоматизованої ГВС .....	32
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	36
ДОДАТКИ .....	37

## Загальні відомості

Завдання для практичних занять в загальному випадку можна сформулювати таким чином: спроектувати механоскладальний цех, який забезпечує випуск заданого виробу, необхідної якості в заданій кількості при досягненні мінімально можливих приведених затрат на виготовлення і з урахуванням усіх вимог охорони праці.

Варіант завдання для практичних занять видає викладач. Всі числові дані, приведені в завданнях, носять умовний характер і не є нормативними.

Звіт по практичних заняттях складається із розрахунково-пояснювальної записки, оформленої у відповідності із загальними вимогами до текстових документів і компоувального плану механоскладального цеху, виконаного у масштабі 1:100 або 1:200. До компоувального плану додається (при необхідності) поперечний розріз прольоту спроектованого механоскладального цеху і прибудови службово-побутових приміщень у масштабі 1:50 або 1:100.

### 1 Практичне заняття №1.

#### Встановлення типу виробництва, трудомісткості робіт, кількості металорізального обладнання та площі механічної дільниці

##### 1.1 Встановлення типу виробництва

Для визначення типу виробництва переважно використовують коефіцієнт закріплення операцій. При укрупненому проектуванні тип виробництва орієнтовно можна визначити в залежності від програми випуску і маси виробів, що виготовляються за даними наведеними в таблиці 1.

Таблиця 1 – Орієнтовні дані для вибору типу виробництва

Тип виробництва	Річна програма випуску деталей		
	важких (> 100 кг)	середніх (10 – 100 кг)	легких (до 10 кг)
Одиничне	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійне	5 - 100	10 - 200	100 - 500
Середньосерійне	100 - 300	200 - 300	500 - 5000
Крупносерійне	300 - 1000	500 - 5000	5000 - 50000
Масове	> 1000	> 5000	> 50000

Організаційну форму приймають у відповідності з типом виробництва. Встановлюється дві основні форми організації виробництва: групова і потокова.

Групова форма організації виробництва характеризується однорідністю конструктивно-технологічних ознак виробів, єдністю засобів технологічного оснащення однієї або декількох технологічних операцій і спеціалізацією

робочих місць. Поточковий метод роботи являє собою прогресивну форму організації виробництва в машинобудуванні. Найбільш ефективні результати його застосування дає в масовому виробництві, однак він впроваджується й у серійне виробництво.

**Приклад виконання:**

Згідно рекомендацій відповідної літератури [посилання] при річній програмі випуску  $N = 1800$  шт. і масі виробу  $m = 2,3$  т. тип виробництва – масовий.

### 1.2 Встановлення трудомісткості робіт

Трудомісткість механічної обробки виробу може бути визначена різними методами, серед яких виділяють три: емпіричний, експертний і технологічний розрахунковий. В даному випадку, для визначення трудомісткості механічної обробки річного випуску всіх виробів необхідно показник трудомісткості  $K_{TP}$ , який приводиться в завданні помножити на річну програму випуску виробів  $N$ .

Трудомісткість складальних робіт може бути визначена такими методами:

- за даними технологічного процесу (детальне проектування);
- за скоригованими даними заводів, які випускають аналогічні вироби (для одиничного, дрібно-і середньосерійного виробництва);
- за укрупненими показниками.

В даному випадку трудомісткість складальних робіт на річну програму випуску виробів визначають за укрупненими показниками, тобто в процентному відношенні до трудомісткості механічної обробки. Залежно від типу виробництва трудомісткість складальних робіт у відсотках від часу механічної обробки приймають [1]:

- для одиничного і дрібносерійного виробництва 40-50 %;
- для середньосерійного – 30-35 %;
- для крупносерійного – 20-25 %;
- для масового – менше 20 %.

**Приклад виконання:**

Для визначення трудомісткості механічної обробки річного випуску всіх виробів необхідно показник трудомісткості механічної обробки виробу, який визначений завданням, помножити на річну програму випуску виробів.

$$T_M = K_{TP} \cdot N, \quad (1)$$

де  $K_{TP}$  – трудомісткість механічної обробки виробу,  $K_{TP} = 340$  верстато-год.;  
 $N$  – річна програма випуску,  $N = 1800$  шт.

Відповідно загальна трудомісткість рівна

$$T_M = 340 \cdot 1800 = 612000 \text{ верстато-год.}$$

При масовому виробництві трудомісткість складальних робіт складає 20...25 % від трудомісткості механічної обробки [посилання].

$$T_{СК} = 0,2 \cdot T_M = 0,2 \cdot 612000 = 122400 \text{ людино-год.}$$

### 1.3 Встановлення кількості металорізального обладнання та площі ділянки

Визначення загальної кількості обладнання механічного відділення укрупненим способом проводять за трудомісткістю механічної обробки річного випуску виробів:

Визначення загальної кількості обладнання механічного відділення укрупненим способом може проводитись за трудомісткістю механічної обробки річного випуску виробів:

$$C_{\text{заг}} = \frac{T_M}{F_{\partial} \cdot k_3}, \quad (2)$$

де  $T_M$  – трудомісткість механічної обробки річного випуску виробів, верстатогодин;

$F_{\partial}$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год. (таблиця 2);

$k_3$  – середній коефіцієнт завантаження обладнання по цеху або ділянці приймають для масового і крупносерійного виробництва 0,7; для серійного 0,8; для дрібносерійного і одиничного 0,85 [1].

Таблиця 2 – Дійсний річний фонд часу роботи обладнання механічних цехів

Обладнання	Режим роботи		
	I зміна	II зміни	III зміни
Металорізальні верстати масою, т			
до 10	2040	4060	6060
10-100	2000	3985	5945
Металорізальні верстати з ЧПК масою, т			
до 10	–	3890	5775
10-100	–	3810	5650
Агрегатні верстати	–	4015	5990
Автоматичні лінії	–	3725	5465

Розподіл обладнання за типами для різних галузей машинобудування проводять на основі приблизного складу обладнання згідно норм технологічного проектування [2]. Розподіл обладнання з достатньою для навчальних цілей точністю можна виконати за даними таблиць 3, 5.

Виробничу площу механічного цеху або ділянки укрупнено підраховують за нормативними показниками площі. Основним показником для визначення загальної площі ділянки є питома площа, тобто площа, яка припадає на одиницю устаткування і залежить від габаритних розмірів обладнання і транспортних засобів, які використовуються. Так, для легких верстатів (масою до 1 т., позначення Л) питома площа складає 14-18 м<sup>2</sup>, для середніх (масою 1...10 т., позначення С) – 18-22 м<sup>2</sup>, для крупних (масою 10...20 т., позначення К) – 22-30 м<sup>2</sup>, для особливо крупних (масою від 30 т. і вище, позначення ОК) – 30-100 м<sup>2</sup> за даними [1].

Результати розрахунків з оформляють у вигляді таблиці 4.

Таблиця 3 – Приблизний склад обладнання по окремих механічних цехах автомобільних заводів в % від загальної кількості верстатів

Типи верстатів	Виробництво вантажних автомобілів вантажопідйомністю до 2,5 т			Виробництво вантажних автомобілів вантажопідйомністю більше 2,5 т			Виробництво легкових автомобілів		
	Цех двигунів	Цех шасі	Автоматний цех	Цех двигунів	Цех шасі і задніх мостів	Цех коробки передач	Цех двигунів	Цех шасі	Автоматний цех
Токарні	11	25	49	22	26	24	16	24	53
Розточувальні	4	1	1,5	3	0,4	0,3	3	2	0,3
Свердлильні	17	21	14	22	20	17	27	22	15
Агрегатні	7	10	4	9	13	3	10	5	2
Стругальні і довбальні	0,5	–	0,1	–	–	–	–	–	1
Протягувальні	2	3	1	3	3	2	2	2	1
Зубооброблювальні	14	9	–	5	13	24	4	16	–
Фрезерні	11	7	9	14	8	12	13	12	10
Шліфувальні і полірувальні	20	12,5	5	21	12	17	20	13	8
Різенарізні	0,1	1	2	0,2	3	0,6	0,6	1	9
Інші	13,4	10,5	14,4	0,8	1,6	0,1	4,4	3	0,7

Таблиця 4 – Розподіл верстатів за типами та розрахунок необхідних площ

№ з/п	Назви верстатів	Процентне відношення до загальної кількості	Кількість верстатів	Питома площа на один верстат, м <sup>2</sup>	Необхідна площа, м <sup>2</sup>
	...				
	Всього				



Таблиця 5 – Приблизний склад обладнання механічних цехів верстатобудівних заводів в % від загальної кількості верстатів

Типи верстатів	Завод токарно-гвинторізних, токарно-револьверних і агрегатних верстатів	Завод шліфувальних, різь, черв'ячно-і зубошліфувальних верстатів	Завод розточувальних верстатів	Завод фрезерних і зубооброблюючих верстатів	Завод свердлильних верстатів
Токарно-гвинторізні	19	12	16	12	18
Токарно-револьверні	4	7	3	5	5
Токарні автомати і напіваавтомати	–	1	–	1	1
Карусельні	2	1	1	1	2,5
Розточувальні	6	5	7	5,5	6
Кординатно-розточувальні	1,5	–	–	–	–
Свердлильні	10	6	5	11	5
Фрезерні	15	13	13	14	11
Стругальні і довбальні	5	4	8	2	4
Протяжні	1	0,5	1	1	1
Шліфувальні	12	22	13	13	12
Зубообробні	6	6	9	6	10
Спеціальні, агрегатні, автомати і напіваавтомати	15	20	22	25	23
Відрізні	1	1	2	3	1,5
Інші	2,5	1,5	–	0,5	–

**Приклад виконання:**

Визначення загальної кількості обладнання механічного відділення укрупненим способом проводимо за трудомісткістю механічної обробки річного випуску виробів [посилання]. Відповідно

-  $T_M = 612000$  верстато-годин;

- згідно вихідних даних і рекомендацій табл. 5 переважаюча кількість

верстатів – токарно-гвинторізні (19 %); тип виробництва масовий, кількість змін – 2, відповідно при двозмінній роботі і переважаючій кількості обладнання  $F_d = 4060$  год. (табл. 2);

- у відповідності із типом виробництва (масове)  $k_3 = 0,7$ .

Шляхом підстановки числових даних у формулу (2) отримаємо

$$C_{заг} = \frac{612000}{4060 \cdot 0,7} = 215,3 \text{ приймаємо } 215 \text{ шт.}$$

Розподіл верстатів по типах проводимо на основі приблизного складу обладнання згідно норм технологічного проектування (табл. 5).

Всі розрахунки і вибрані дані по необхідній кількості обладнання та необхідних для них площ заносимо в таблицю.

Таблиця 6 – Розподіл верстатів за типами та розрахунок необхідних площ

№ п/п	Назви верстатів	Процентне відношення до загальної кількості	Кількість верстатів	Тип верстату	Питома площа на один верстат, м <sup>2</sup>	Необхідна площа, м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7
1	Токарно-гвинторізні	19	41	С	18	738
2	Токарно-револьверні	4	9	С	18	162
4	Карусельні	2	4	С	18	72
5	Розточувальні	6	13	С	18	234
6	Координатно-розточув.	1,5	3	С	18	54
7	Свердлильні	10	22	Л	14	308
8	Фрезерні	15	32	С	18	576
9	Строгальні і довбальні	5	11	К	22	242
10	Протяжні	1	2	К	22	44
11	Шліфувальні	12	26	С	18	468
12	Зубооброблюючі	6	13	С	18	234
13	Спеціальні, агрегатні, автомати і півавтомати	15	32	ОК	30	960
14	Відрізні	1	2	Л	14	28
15	Інші	2,5	5	Л	14	70
16	Всього	100	215			3956

## 2 Практичне заняття №2.

### Визначення кількісного складу працюючих за категоріями, кількості робочих місць та площі складальної дільниці

#### 2.1 Визначення кількісного складу працюючих в механічному відділенні за категоріями

Для здійснення виробничих процесів у механоскладальному виробництві передбачений певний штат працюючих, яких поділяють на наступні категорії: виробничі (основні) і допоміжні робітники, інженерно-технічні працівники, службовці (лічильно-конторський персонал), молодший обслуговуючий персонал. Відповідно кількість верстатників визначають розрахунковим методом, а кількість працюючих інших категорій – у процентному відношенні. Зокрема кількість працівників приймають: слюсарів – 1-3 % від верстатників у крупносерійному та масовому і 3-55 % в одиничному і дрібносерійному виробництві; допоміжних робітників – 18-25 % від виробничих робітників в дрібносерійному і одиничному виробництві, 35-50 % в крупносерійному і масовому; молодшого обслуговуючого персоналу – 2-3 %, інженерно-технічних працівників – 10-13 %, лічильно-конторського персоналу – 4-5 % від загальної кількості робітників (сума виробничих і допоміжних) незалежно від типу виробництва.

Розрахунок кількості виробничих робітників-верстатників механічного відділення може бути виконаний за кількістю верстатів, прийнятих у проєкті:

$$P_B = \frac{C_{II} \cdot F_{\partial} \cdot k'_3}{F_{\partial p} \cdot k_6}, \quad (1)$$

де  $C_{II}$  – кількість прийнятих у проєкті верстатів;

$F_{\partial}$  – дійсний річний фонд роботи обладнання, год.;

$F_{\partial p}$  – дійсний річний фонд часу роботи робітників, приймається рівним: для виробництв з 41-годинним робочим тижнем – 2070 год., для виробництв з 36-годинним робочим тижнем – 1830 год. [1];

$k'_3$  – коефіцієнт завантаження обладнання, по цеху або дільниці приймають при роботі:

- в I-у зміну: для масового і крупносерійного виробництва – 0,6; для серійного – 0,7; для дрібносерійного і одиничного – 0,75;

- в II-ї зміни: для масового і крупносерійного – 0,7; для серійного – 0,8; для дрібносерійного і одиничного 0,85;

- в III-ї зміни: для масового і крупносерійного – 0,8; для серійного – 0,9; для дрібносерійного і одиничного 0,95.

$k_6$  – коефіцієнт багатостанкового обслуговування приймається рівним: в одиничному і дрібносерійному виробництві – 1,1-1,2; в серійному 1,3-1,5; в крупносерійному – 1,5-1,8; в масовому 1,8-2,2 [1]).

#### **Приклад виконання:**

Розрахунок кількості виробничих робітників-верстатників цеху проводимо за кількістю використовуваних верстатів [посилання]. Відповідно

- $C_{II} = 215$  шт.;
- $F_{\delta} = 4060$  год.;
- $k_3 = 0,7$  (II-і зміни, масове виробництво);
- $F_{\delta p} = 2070$  год. (41-годинний робочий тиждень);
- $k_6 = 1,9$  (масове виробництво).

Розрахункова кількість виробничих робітників-верстатників

$$P_B = \frac{215 \cdot 4060 \cdot 0,7}{2070 \cdot 1,9} = 155,3; \text{ приймаємо } 155 \text{ чол.}$$

Кількість робітників слюсарів визначається у % від кількості робітників-верстатників. Кількість молодшого обслуговуючого персоналу (МОП), інженерно-технічних працівників, лічильно-конторського персоналу визначається у % від загальної кількості робітників дільниці. Результати заносимо у відомість складу працюючих.

Таблиця 1 – Відомість складу працюючих на механічній дільниці цеху

№ п/п	Категорії працюючих	Спосіб визначення	Процентне відношення	Кількість, чол.
1	2	3	4	5
1.	Виробничі робітники а) верстатники б) слюсарі	за формулою (1) % від верстатників	2 %	155 3
2.	Всього виробничих робітників	сума верстатників і слюсарів	—	158
3.	Допоміжні робітники	% від виробничників	40 %	63
4.	Загальна кількість робітників	сума виробничих і допоміжних	—	221
5.	МОП	% від загальної кількості робітників	2 %	4
6.	ІТП	— // —	10 %	22
7.	ЛКП	— // —	4 %	9
8.	Всього працюючих	сума п. № 4, 5, 6,7	—	256

## 2.2 Визначення кількості робочих місць

Оскільки у механічному відділенні один робітних-верстатник може обслуговувати декілька одиниць металорізального обладнання, що визначається коефіцієнтом багатOVERстатного обслуговування – то для складального відділення необхідно визначати кількість робочих місць, так як на одному складальному стенді може бути задіяно декілька працюючих.

Для виконання складальних робіт у цеху повинні бути розміщені та відповідно оснащені робочі місця складання. При укрупненому проектуванні кількість робочих місць складального відділення визначають за формулою:

$$M_{СК} = \frac{T_{СК}}{F_{\partial I} \cdot K_1 \cdot k_{с.з}}, \quad (2)$$

де  $T_{СК}$  – трудомісткість складання, людино-годин;

$F_{\partial I}$  – дійсний річний фонд часу робочого місяця, год.;

$K_1$  – середня щільність роботи,  $K_1 = 1,2-1,8$  [1];

$k_{с.з}$  – середній коефіцієнт завантаження робочого місяця,  $k_{с.з} = 0,75-0,85$  [1].

Дійсний річний фонд часу робочого місяця може бути визначений за даними таблиці 2 або рекомендаціями [1], [2].

Таблиця 2 – Ефективний річний фонд часу, год., роботи устаткування складальних дільниць і цехів

Обладнання	Режим роботи		
	одно- змінний	дво- змінний	три- змінний
Робоче місце складальника	2070	4140	6210
Робоче місце складальника з механізованими пристроями	2050	4080	6085
Складальне автоматичне та напівавтоматичне обладнання	2000	3975	5930
Автоматичні складальні лінії	–	3725	6465

**Приклад виконання:**

При укрупненому проектуванні кількість робочих місць складального відділення визначають за формулою [посилання]. Де

-  $F_{\partial I} = 4080$  год. (двохзмінний режим, робоче місце складальника з механізованими пристроями);

-  $K_1 = 1,5$ ;

-  $k_{с.з} = 0,8$ .

Шляхом підстановки числових значень у формулу отримаємо

$$M_{СК} = \frac{122400}{4080 \cdot 1,5 \cdot 0,8} = 25 \text{ місць.}$$

**2.3 Визначення кількісного складу працюючих в складальному відділенні за категоріями**

Кількісний склад працюючих в складальному відділенні визначають за аналогією механічного відділення. Тобто кількість виробничих робітників – розрахунковим методом, а інші категорії – за процентним відношенням. Так кількість допоміжних робітників приймають – 15-20 % від виробничих робітників в дрібносерійному і одиничному виробництві, 30-40 % в крупносерійному і масовому [1]. Кількість працюючих інших категорій визначається аналогічно як для механічного відділення.

Необхідну кількість виробничих робітників складального відділення

визначають за формулою:

$$P_{СК} = \frac{T_{СК}}{F_{др}}, \quad (3)$$

де  $T_{СК}$  – трудомісткість складальних робіт, людино-годин;  
 $F_{др}$  – дійсний річний фонд часу роботи робітників, год.

**Приклад виконання:**

Кількість виробничих робітників складального відділення визначають за формулою [посилання]. Де

-  $T_{СК} = 122400$  людино-годин (за вихідними даними);

-  $F_{др} = 2070$  год. (41-годинний робочий тиждень).

Відповідно

$$P_{СК} = \frac{122400}{2070} = 59,1; \text{ приймаємо } 59 \text{ чол.}$$

Кількість допоміжних робітників, МОП, ІТП, ЛКП визначається у % від загальної кількості робітників дільниці згідно рекомендацій [посилання].

Таблиця 3 – Відомість складу працюючих на складальній дільниці цеху

№ п/п	Категорії працюючих	Спосіб визначення	Процентне відношення	Кількість, чол.
1	2	3	4	5
1.	Виробничі робітники	за формулою (3)	—	59
2.	Допоміжні робітники	% від виробничників	35 %	20
3.	Загальна кількість робітників	сума виробничих і допоміжних	—	79
4.	МОП	% від загальної кількості робітників	2 %	2
5.	ІТП	— // —	10 %	8
6.	ЛКП	— // —	4 %	3
7.	Всього працюючих	сума п. № 3, 4, 5,6	—	92

**2.4 Визначення виробничої площі складальної дільниці**

При укрупненому проектуванні площу складальної дільниці або цеху визначають за питомою площею, яка припадає на одного виробничого робітника найбільшої (за кількістю робітників) зміни. Питома площа знаходиться в межах 18...25 м<sup>2</sup> [3].

**Приклад виконання:**

При двохзмінній роботі (за умовою) і загальній кількості виробничників  $P_{СК} = 59$  чол., кількість робітників у більшій зміні рівна 30 чол. та з урахуванням питомої площі 18...25 м<sup>2</sup> – площа відділення рівна

$$S_{СК} = 30 \cdot 20 = 600 \text{ м}^2.$$

### **3 Практичне заняття №3.**

#### **Розрахунок та призначення площ допоміжних відділень механоскладального цеху**

##### **3.1 Заточне відділення**

Заточне відділення організовують при кількості верстатів в механічному цеху не менше 150 од., при меншій кількості відновлення різального інструменту проводиться в інструментального цеху.

При укрупнених розрахунках кількість заточних верстатів приймають рівною в потоковому виробництві 3...5 %, у непотоковому – 3...4 % від кількості металорізального обладнання, яке обслуговується заточним відділенням. Менший процент приймають при кількості обслуговуваних верстатів до 200 шт., більший – при кількості верстатів більше 500 шт. [1].

Крім основних верстатів у заточних відділеннях встановлюють допоміжне обладнання (настільне точило, ручний прес і т.п. обладнання) в кількості приблизно 20 % від основних верстатів.

Площу заточного відділення визначають за питомою площею з розрахунку 12...14 м<sup>2</sup> на один верстат.

##### ***Приклад виконання:***

Кількість основного металорізального обладнання на ділянці  $C_B = 215$  шт., відповідно є необхідність у створенні заточного відділення. Кількість заточних верстатів приймаємо 4 % від основного металорізального обладнання, а саме

$$C_{зат} = 215 \cdot 0,04 = 8,6; \text{ приймаємо } 9 \text{ шт.}$$

Кількість допоміжного заточного обладнання складає 20 % від основного заточного обладнання, відповідно

$$C_{зат.д} = 9 \cdot 0,20 = 1,8; \text{ приймаємо } 2 \text{ шт.}$$

З врахуванням питомої площі на одиницю обладнання у відділенні площа заточного відділення

$$S_{зат} = (9 + 2) \cdot 12 = 132 \text{ м}^2.$$

##### **3.2 Цехова ремонтна база (ЦРБ)**

У невеликих цехах, в яких є менше 100 верстатів, організувати цехову майстерню для ремонту обладнання не доцільно. Кількість верстатів ЦРБ приймають рівною 2,5...5 % від кількості верстатів, які обслуговуються ЦРБ [1]. Площу цехової ремонтної бази визначають за нормою 25...30 м<sup>2</sup> на один основний верстат ЦРБ. Додатково виділяється площа для складу запасних частин у розмірі 25...30 % площі бази, а також до складу ЦРБ входить відділення для ремонту електрообладнання та електронних систем, яке служить для періодичного огляду і ремонту електродвигунів, засобів електроавтоматики, систем керування обладнання тощо. Його площу приймають в межах 35...40 % від площі ЦРБ.

**Приклад виконання:**

Кількість основного металорізального обладнання на ділянці  $C_B = 215$  шт., відповідно є необхідність у створенні ЦРБ. Кількість одиниць обладнання ЦРБ приймаємо рівною 3 % від кількості верстатів, які обслуговуються ЦРБ. Відповідно кількість обладнання рівна

$$C_{\text{ЦРБ}} = 215 \cdot 0,03 = 6,45 ; \text{ приймаємо } 6 \text{ шт.}$$

Площа ЦРБ визначається з розрахунку 25...30 м<sup>2</sup> на один верстат, а отже

$$S_{\text{ЦРБ}} = 6 \cdot 25 = 150 \text{ м}^2.$$

Додатково необхідна площа для складу запасних частин у розмірі 25...30 % площі бази, а також до складу ЦРБ входить відділення для ремонту електрообладнання та електронних систем. Його площу приймаємо межах 35...40 % від площі ЦРБ.

$$S_C = 150 \cdot 0,25 = 37,5 ; \text{ приймаємо } 37 \text{ м}^2.$$

$$S_E = 150 \cdot 0,35 = 52,5 ; \text{ приймаємо } 53 \text{ м}^2.$$

Загальна площа цехової ремонтної бази рівна

$$\sum S_{\text{ЦРБ}} = S_{\text{ЦРБ}} + S_C + S_E = 150 + 37 + 53 = 240 \text{ м}^2.$$

### 3.3 Відділення для відведення та переробки стружки

Для своєчасного прибирання та переробки відходів виробництва, зокрема стружки, в складі цеху передбачається відділення для відводу та переробки стружки. Його площу можна визначити в залежності від кількості виробничого обладнання механічного цеху (таблиця 1) або рекомендацій [1].

Таблиця 1 – Нормативні дані для визначення площі відділення відведення та переробки стружки

Кількість верстатів	Площа відділення, м <sup>2</sup>
До 60	65-75
61-100	75-85
101-200	85-105
201-300	110-125
більше 300	130-180

**Приклад виконання:**

Площа відділення для відводу та переробки стружки визначається в залежності від кількості виробничого обладнання механічного цеху за відповідними нормативними даними [посилання]. Відповідно при кількості основних верстатів  $C_B = 215$  шт. приймаємо площу відділення  $S_{\text{СТР}} = 115 \text{ м}^2$ .

### 3.4 Відділення для приготування мастильно-охолоджувальних рідин (МОР), склад масел

Для постачання верстатів мастильно-охолоджуючими рідинами в цеху



необхідно передбачити відділення для приготування та роздавання МОР. Його площа призначається в залежності від кількості виробничого обладнання (таблиця 2). Також в проєкті механоскладального цеху передбачають склади масел. Площу складу масел приймають рівною 10-20 м<sup>2</sup> [1].

Таблиця 2 – Нормативні дані для визначення площі відділення для приготування та роздачі МОР

Кількість обладнання	Площа, м <sup>2</sup>
30-60	35-40
61-100	40-50
101-200	50-70
201-300	75-100
301-400	100-120

**Приклад виконання:**

Площа відділення для відводу та переробки стружки визначається в залежності від кількості виробничого обладнання механічного цеху за відповідними нормативними даними [посилання]. При кількості основних верстатів  $C_B = 215$  шт. приймаємо площу відділення  $S_{MOP} = 80$  м<sup>2</sup>.

Площу складу масел приймаємо 10 м<sup>2</sup>. Відповідно загальна площа рівна  $\sum S_{MOP.M} = 80 + 10 = 90$  м<sup>2</sup>.

**3.5 Пункти відділу технічного контролю**

В механоскладальних цехах передбачають контрольні відділення, що входять до відділу технічного контролю (ВТК) заводу. Кількість контролерів ВТК приймається в залежності від типу виробництва: одиничне – до 4 %, в серійних виробництвах 5...7 %, в крупносерійному і масовому – 8...10 % від кількості виробничих робітників механічного відділення. Площу контрольних відділень призначають з розрахунку 5...6 м<sup>2</sup> на одного контролера [1].

**Приклад виконання:**

Кількість контролерів ВТК приймається у масовому виробництві – 8...10 % від кількості виробничих робітників механічного відділення [посилання]. Відповідно при кількості робітників  $P_B = 155$  чол. кількість контролерів рівна

$$P_{ВТК} = 155 \cdot 0,08 = 12,4 \text{ - приймаємо } 12 \text{ чол.}$$

Площа відділу технічного контролю складає

$$S_{ВТК} = 12 \cdot 5 = 60 \text{ м}^2.$$

**3.6 Системи електропостачання, стисненого повітря та мікроклімату**

Для забезпечення обладнання електроенергією в цехах передбачають по

одній трансформаторній підстанції на кожні 5000 м<sup>2</sup> виробничої площі, які розташовують на відстані 75...100 м одна від одної. Площа приміщень підстанцій становить 50 м<sup>2</sup> [1].

Для забезпечення виробництва стисненим повітрям у складі цеху передбачаються площі для розміщення компресорних установок. Розміри площ визначають за співвідношенням:

$$S_K = (0,006...0,008) \cdot S_B, \quad (1)$$

де  $S_B$  – виробнича площа цеху, м<sup>2</sup>.

Для забезпечення мікроклімату та чистоти повітря цехи обладнують притоковою та витяжною вентиляцією. Загальну площу під вентиляційне обладнання визначають за співвідношенням:

$$S_{ВЕНТ} = (0,005...0,0075) \cdot S_B. \quad (2)$$

### **Приклад виконання:**

Оскільки виробнича площа цеху  $S_B = 3956$  м<sup>2</sup> (за умовою) – отже для забезпечення обладнання електороенергією приймаємо одну трансформаторну підстанцію загальною площею  $S_T = 50$  м<sup>2</sup> [посилання].

Розміри площ для розміщення компресорних установок

$$S_K = 0,006 \cdot 3956 \approx 23,7; \text{ приймаємо } 24 \text{ м}^2.$$

Площа під вентиляційне обладнання

$$S_{ВЕНТ} = 0,005 \cdot 3956 \approx 19,7; \text{ приймаємо } 20 \text{ м}^2.$$

Загальна площа підсистем електропостачання, постачання стисненого повітря та забезпечення мікроклімату рівна

$$\sum S_{Т.К.ВЕНТ} = 50 + 24 + 20 = 94 \text{ м}^2.$$

### **3.7 Склад заготовок**

Цеховий склад матеріалів і заготовок призначений для забезпечення безперервного постачання верстатів матеріалами та заготовками, але не для зберігання матеріалу і заготовок, які надходять на завод великими партіями.

Площу цехового складу матеріалів і заготовок можна визначити за формулою [1]:

$$S_{СЗ} = \frac{M_{\Sigma} \cdot t}{260 \cdot q \cdot k_B}, \quad (3)$$

де  $M_{\Sigma}$  – маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску, т. Маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску рівна сумі маси виробу і стружки помноженій на річну програму випуску. При укрупнених розрахунках маса стружки приймається рівною 10...15% маси готового виробу.

$t$  – середня кількість робочих днів, на протязі яких матеріал і заготовки зберігаються на складі до поступлення їх на обробку (норми робочого зберігання заготовок наведені в табл. 3);

$q$  – середнє допустиме навантаження на 1 м<sup>2</sup> корисної площі підлоги (вантажонапруженість), при способі зберігання матеріалів і заготовок в

штабелях приймають  $q = 1,2...1,4$  т/м<sup>2</sup>, на стелажах –  $2...7$  т/м<sup>2</sup> в залежності від висоти штабелювання;

$k_B$  – коефіцієнт використання площі складування,  $k_B = 0,3...0,4$ .

Таблиця 3 – Норми зберігання заготовок в робочих днях

Вид виробництва	Штанговий матеріал, дрібні і середні заготовки	Крупні заготовки
Одиничне	12	5
Дрібносерійне	8	3,5
Серійне	6	2,5
Крупносерійне і масове	4-6	1-2

Місцем нагромадження і зберігання повністю оброблених деталей, які очікують надходження на складання є міжопераційний склад. Крім того, сюди надходять деталі, необхідні для комплектування складання вузла: підшипники, прокладки, електрообладнання. Міжопераційні склади влаштовують лише у непотоковому виробництві.

Необхідну площу для міжопераційного складу визначають за формулою:

$$S_{\text{ИП}} = \frac{M_{\Sigma} \cdot t_3}{260 \cdot q \cdot k'_B}, \quad (4)$$

де  $M_{\Sigma}$  – маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску, т;

$t_3$  – кількість робочих днів запасу, приймається згідно табл. 4;

$q$  – середня вантажна напруженість 1 м<sup>2</sup>,  $q = 1-4$  т/м<sup>2</sup>;

$k'_B$  – коефіцієнт використання площі складування,  $k'_B = 0,25-0,30$ .

Таблиця 4 – Кількість робочих днів запасу

Типи виробництва	Крупні деталі	Середні деталі
Дрібносерійне, одиничне	8 діб	20 діб
Серійне	5 діб	12 діб
Крупносерійне	1 зміна	2 зміни
Масове	2-4 год.	8 год.

#### **Приклад виконання:**

Організаційна форма виробництва – потокове, отже передбачається тільки цеховий склад матеріалів і заготовок площу якого визначаємо за формулою [посилання]. Де маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску рівна

$$M_{\Sigma} = (m + 0,1 \cdot m) \cdot N = (2,3 + 0,1 \cdot 2,3) \cdot 1800 = 4554 \text{ т.}$$

-  $t = 1$ ;

-  $q = 2$  т/м<sup>2</sup> (зберігання матеріалів і заготовок на стелажах);

-  $k_B = 0,3$ .

Площа цехового складу матеріалів і заготовок рівна

$$S_{сз} = \frac{4554 \cdot 1}{260 \cdot 2 \cdot 0,3} \approx 29,1; \text{ приймаємо } 29 \text{ м}^2.$$

### 3.8 Заготівельне відділення

Для виконання робіт з розрізання і центрування пруткового та сортового матеріалу та інших видів заготовок у заготівельному відділенні передбачається застосування специфічного обладнання, до якого відносяться токарно-відрізні, дискові, ножівкові і циркулярні пили, фрезерно-центрувальні верстати, преси та інше устаткування. Для механоскладальних цехів в заготівельному відділенні встановлюють від 4 до 10 одиниць обладнання. Питому площу приймають рівною 25...30 м<sup>2</sup> на одиницю [1].

#### **Приклад виконання:**

Згідно рекомендацій [посилання] приймаємо кількість обладнання відділення – 5 од. Питому площу приймаємо 25 м<sup>2</sup> на одиницю. Відповідно площа заготівельного відділення рівна

$$S_3 = 5 \cdot 25 \approx 125 \text{ м}^2.$$

### 3.9 Визначення загальної площі механоскладального цеху

За результатами розрахунку площ всіх відділень цеху складається відомість площ цеху за відповідною формою з врахуванням, що магістральні проїзди складають 12...15 % від площі всіх відділень цеху.

#### **Приклад виконання:**

За результатами розрахунку площ всіх відділень цеху складаємо відомість площ цеху. Площу магістральних проїздів приймаємо 12 % від площі всіх відділень цеху [посилання].

Таблиця 5 – Відомість площ механоскладального цеху

№ п/п	Назва відділення	Площа, м <sup>2</sup>
1	2	3
1.	Механічне	3956
2.	Складальне	600
3.	Заточне	132
4.	Цехово-ремонтна база	240
5.	Відведення та переробки стружки	115
6.	Приготування МОР, склад масел	90
7.	Пункти відділу технічного контролю	60
8.	Системи електропостачання, стисненого повітря та забезпечення мікроклімату	94

1	2	3
9.	Склад заготовок	29
10.	Заготівельне	125
11.	Площа цеху	5441
12.	Магістральні проїзди	653
13.	Загальна площа цеху	6094

### 3.10 Визначення площі службово-побутових приміщень

На службово-побутовій площі розташовують конторські та побутові приміщення. До конторських приміщень відносять площу, зайняту адміністративно-конторськими службами цеху. В цю ж площу входить також площа, зайнята конструкторськими і технологічними бюро. Побутовою називається площа приміщень, призначених для задоволення гігієнічних та санітарно-побутових потреб працюючих.

При укрупнених розрахунках загальну площу службово-побутових приміщень приймають рівною 25...30 % площі цеху без площі магістральних проїздів [1].

#### **Приклад виконання:**

Згідно рекомендацій [посилання] загальну площу службово-побутових приміщень приймаємо рівною 25 % площі цеху. Отже

$$S_{СПП} = 5441 \cdot 0,25 \approx 1360,25 - \text{приймаємо } 1360 \text{ м}^2.$$

#### 4 Практичне заняття №4.

### Вибір типорозмірів вантажопідйомних і транспортних засобів, розрахунок їх кількості

#### 4.1 Визначення кількості наземного транспорту

Для внутрішньоцехових та міжопераційних переміщень вантажів у механоскладальних цехах використовуються електрокари, електронавантажувачі, однобалкові підвісні кран-балки, мостові або консольні крани, транспортери, конвеєри. Для роботи всередині споруд доцільно використовувати машини з електричним приводом; машини із двигунами внутрішнього згорання – на відкритих площадках.

Кількість транспортних і вантажопідйомних засобів, необхідних для своєчасного забезпечення ділянок або відділень цеху сировиною, матеріалами, заготовками, деталями, напівфабрикатами, вузлами, можна визначити шляхом детальних розрахунків на основі розрахунку маси та кількості вантажів, які переміщуються, або за даними, отриманими дослідним шляхом, або на основі досвіду роботи подібних виробництв.

Кількість одиниць колісного транспорту (електровізки, електроштабелери, навантажувачі та ін.) визначають за формулою [1]:

$$E = \frac{Q \cdot k_H \cdot T_{\text{ПР}}}{Q_E \cdot k_B \cdot F_{\text{д.м}} \cdot 60}, \quad (1)$$

де  $Q$  – річний вантажообіг, т. ( $Q = M_{\Sigma}$ , див. практичне заняття №3);

$k_H$  – коефіцієнт нерівномірності виконання рейсів,  $k_H = 1,25$  [1];

$k_B$  – коефіцієнт використання вантажопідйомності,  $k_B = 0,8$  [1];

$F_{\text{д.м}}$  – дійсний річний фонд часу роботи транспортного засобу, год. ( $F_{\text{д.м}} = F_{\text{др}}$  – дійсний річний фонд часу роботи робітників);

$Q_E$  – вантажопідйомність одного транспортного засобу [2];

$T_{\text{ПР}}$  – загальний час пробігу одиниці транспортного обладнання, хв.

Загальний час пробігу транспортного засобу:

$$T_{\text{ПР}} = T_{\text{П}} + T_3 + T_P + T_B, \quad (2)$$

де  $T_{\text{П}}$  – час пробігу транспортного засобу в обидва кінці, хв.;

$T_3$  – час на завантаження,  $T_3 = 3 \dots 5$  хв.

$T_P$  – час на розвантаження  $T_P = 2 \dots 4$  хв.;

$T_B$  – час випадкових затримок (приблизно 10 % від  $T_{\text{П}}$ ), хв.

Час пробігу транспортного засобу в обидва кінці рівний

$$T_{\text{П}} = 2L/V, \quad (3)$$

де  $L$  – середня відстань при маршрутних перевезеннях, м. [2];

$V$  – середня технічна швидкість транспортного засобу, м/хв. [2].

#### **Приклад виконання:**

Кількість одиниць колісного транспорту визначають за відповідною формулою [посилання]. Де

-  $Q = M_{\Sigma}$  т. Відповідно маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску рівна

$$M_{\Sigma} = (m + 0,1 \dots 0,15 \cdot m) \cdot N = (2,3 + 0,1 \cdot 2,3) \cdot 1800 = 4554 \text{ т.}$$

- $k_H = 1,25$  [посилання];
- $k_B = 0,8$  [посилання];
- $F_{\partial.m} = F_{\partial.p} = 2070$  год. [посилання];
- $Q_E = 0,75$  т. (приймаємо електрокар з підйомною платформою) [посилання];
- $L = 500$  м. [посилання];
- $V = 15$  км/хв. =  $250$  м/хв. [посилання], відповідно час пробігу в обидва кінці рівний

$$T_{II} = 2 \cdot 500 / 250 = 4 \text{ хв.}$$

- $T_3 = 5$  хв.;
- $T_P = 3$  хв.;
- $T_B = 0,1 \cdot T_{II} = 0,1 \cdot 4 = 0,4$  хв., загальний час пробігу

$$T_{IP} = 4 + 5 + 3 + 0,4 = 12,4 \text{ хв.}$$

Кількість одиниць електрокарів

$$E = \frac{4554 \cdot 1,25 \cdot 12,4}{0,75 \cdot 0,8 \cdot 2070 \cdot 60} \approx 0,95; \text{ приймаємо 1 електрокар.}$$

#### 4.2 Визначення кількості кранового обладнання

Кількість піднімальних кранів може визначатися на основі графіків транспортування чи складання, у яких наводиться тривалість роботи крана на кожній операції. Укрупнено кількість кранів можна приймати: в механічних цехах один кран на 40-80 м довжини прольоту; в складальних – на 30-50 м.

Кількість мостових кранів можна визначити за формулою [1]:

$$K = \frac{N_{3M} \cdot i \cdot T_{KP}}{m_{\partial} \cdot T_{3M}}, \quad (4)$$

де  $N_{3M}$  – кількість виробів, що підлягають транспортуванню за зміну, шт.;

$$N_{3M} = \frac{N}{n \cdot \Phi}, \quad (5)$$

де  $N$  – програма випуску, шт.,

$n$  – кількість змін;

$\Phi$  – кількість робочих днів у році,  $\Phi \approx 250 \dots 260$ ;

$i$  – середня кількість транспортних операцій на виріб,  $i \approx 5 \dots 8$ ;

$T_{KP}$  – загальний час пробігу крана, хв.;

$T_{3M}$  – тривалість зміни, хв.;

$m_{\partial}$  – кількість деталей, що переміщуються одночасно (залежить від технічних характеристик прийнятого обладнання [1]).

Загальний час пробігу крана:

$$T_{KP} = T_{PK} + T_{3K} + T_{PK} + T_{BK}, \quad (6)$$

де  $T_{PK}$  – час пробігу крана, хв.;

$T_{3K}$  – час на завантаження,  $T_{3K} = 2 \dots 5$  хв.;

$T_{PK}$  – час на розвантаження,  $T_{PK} = 2 \dots 4$  хв.;

$T_{BK}$  – час випадкових затримок (приблизно 10 % від  $T_{PK}$ ), хв.

Час пробігу крана рівний

$$T_{ПК} = L_K / V_K, \quad (7)$$

де  $L_K$  – середня довжина пробігу крана, м. [1, 2];

$V_K$  – середня швидкість руху крана, м/хв. [1, 2].

**Приклад виконання:**

Оскільки виріб, який виготовляється, є доволі важким  $m = 2,3$  т – то необхідно встановити крани у складальному відділенні. Попередньо приймаємо типаж кранового обладнання: кран мостовий однобалковий; вантажопідйомність 1...5 т.; обслуговуваний прольот – 4,5...28,5 м.; висота підйому до 6 м.; швидкість переміщення 25...60 м/хв., рекомендована відстань переміщень до 50 м [посилання]. Кількість мостових кранів визначасмо за формулою [посилання], де

- при програмі випуску  $N = 1800$  шт., кількості змін  $n = 2$  і кількості робочих днів в році  $\Phi = 260$  кількість виробів, що підлягають транспортуванню за зміну

$$N_{ЗМ} = \frac{1800}{260 \cdot 2} \approx 4 \text{ шт.}$$

-  $i = 5$ ;

-  $T_{ЗМ} = 8 \text{ год.} = 480 \text{ хв.}$ ;

-  $m_0 = 1$ ;

-  $L_K = 35$  м.;

-  $V = 35$  м/хв., відповідно час пробігу крана рівний

$T_{ПК} = 35/35 = 1$  хв.;

-  $T_{ЗК} = 2$  хв.;

-  $T_{РК} = 2$  хв.;

-  $T_{ВК} = 0,1 \cdot T_{ПК} = 0,1 \cdot 1 = 0,1$  хв., відповідно

$$T_{КР} = 1 + 2 + 2 + 0,1 = 5,1 \text{ хв.}$$

Кількість мостових кранів:

$$K = \frac{4 \cdot 5 \cdot 5,1}{1 \cdot 480} \approx 0,21, \text{ отже необхідності у використанні мостових кранів –}$$

немає, отже лише для складального відділення приймаємо підвісні кран-балки, вантажопідйомністю 1...5 т.; прольотом – 3...12 м.; висотою підйому до 6 м.; швидкістю переміщення до 30 м/хв. [посилання], з розрахунку один кран на 40...80 м довжини прольоту.



## 5 Практичне заняття №5.

### Розробка компоувального плану механоскладального цеху

#### 5.1 Вибір розмірів уніфікованих типових секцій (УТС)

Розміри УТС вибираються окремо для цеху і допоміжних будівель адміністративно-побутового призначення. Для цеху рекомендованим є прийняття розмірів основних секцій із стандартних значень УТС, тобто розміри в плані 144x72 і 72x72 м з сітками колон 18x12 і 24x12 м. Пристінні ряди колон застосовуються з кроком рівним 6 м. Відповідно площа механоскладального цеху з УТС може складати відповідно 5184, 10368, 15552, 20736 м<sup>2</sup> і т.д. Стандартні УТС використовують, якщо розрахункова площа не відрізняється від стандартного ряду більше ніж на 10%. У протилежному випадку застосовують нетипові секції, але із уніфікованими сітками колон, тобто ширина прольоту 18, 24, 30, 36 м. Всі прольоти цеху повинні бути однакової ширини згідно значень стандартного ряду. Пристінні колони розміщують з кроком 6 м., але секціями по 12 м. Типові компоувальні плани цехів виконують в масштабі 1:100, 1:200 або 1:400. В окремих випадках допускається використання інших масштабів відмінних від типових. При оформленні компоувального плану використовують умовні позначення згідно стандарту ГОСТ 21.108-87. Найбільш вживані умовні позначення наведені у відповідній літературі [1, 4].

Для виконання практичного заняття за вихідні дані приймаються результати розрахунку, згідно свого варіанту, практичних занять №3 і №4.

#### **Приклад виконання:**

Дані згідно практичного заняття №3, відповідно розрахункова площа цеху – 6094 м<sup>2</sup> (таблиця 5, прикладу виконання практичного заняття №3). Найближчі стандартні значення площ із УТС: 5184 м<sup>2</sup> і 10368 м<sup>2</sup>. Тобто 5184 < 6094 < 10368. У процентному відношенні щодо найближчих типових значень:

$$\frac{6094 - 100\%}{5184 - x} \quad x = \frac{5184 \cdot 100}{6094} \approx 85 \quad 100 - 85 = 15 > 10\%;$$

$$\frac{10368 - 100\%}{6094 - x} \quad x = \frac{6094 \cdot 100}{10368} \approx 59 \quad 100 - 59 = 41 > 10\%$$

- отже необхідно застосовувати нетипову секцію із уніфікованими сітками колон.

Попередньо приймаємо ширину прольоту 18 м. Згідно розмірів стандартної УТС 72x72 м кількість прольотів:

$$72 / 18 = 4 \text{ прольоти} - \text{для площі } 5184 \text{ м}^2.$$

Площа одного прольоту:

$$72 \times 18 = 1296 \text{ м}^2$$

Варіант 1: площа цеху із типовою довжиною (72 м) і п'ятьма прольотами (5x18 м):

$$5184 + 1296 = 6480 \text{ м}^2.$$

У процентному відношенні:

$$\frac{6480 - 100\%}{6094 - x} \quad x = \frac{6094 \cdot 100}{6480} \approx 94 \quad 100 - 94 = 6 < 10\%$$

- оскільки різниця менша ніж 10 %, то такий варіант підходить.

Варіант 2: площа цеху із типовою шириною (72 м) і збільшеною довжиною (72+12 = 84 м):

- площа прольоту із збільшеною довжиною:

$$(72 + 12) \times 18 = 84 \times 18 = 1512 \text{ м}^2$$

Площа цеху із типовою шириною (4-и прольоти) і збільшеною довжиною:

$$1512 \times 4 = 6048 \text{ м}^2$$

У процентному відношенні:

$$\frac{6094 - 100\%}{6048 - x} \quad x = \frac{6048 \cdot 100}{6094} \approx 99 \quad 100 - 99 = 1 < 10\%$$

- такий варіант також є вірним, а оскільки процентне відношення є меншим (1 % < 6 %), то доцільно площу цеху прийняти згідно варіанту 2, а саме із нетиповою секцією із розмірами у плані 72 × 84 м.

Приймаємо масштаб компоувального плану механоскладального цеху 1:200. Креслимо сітку колон згідно вибраної секції.

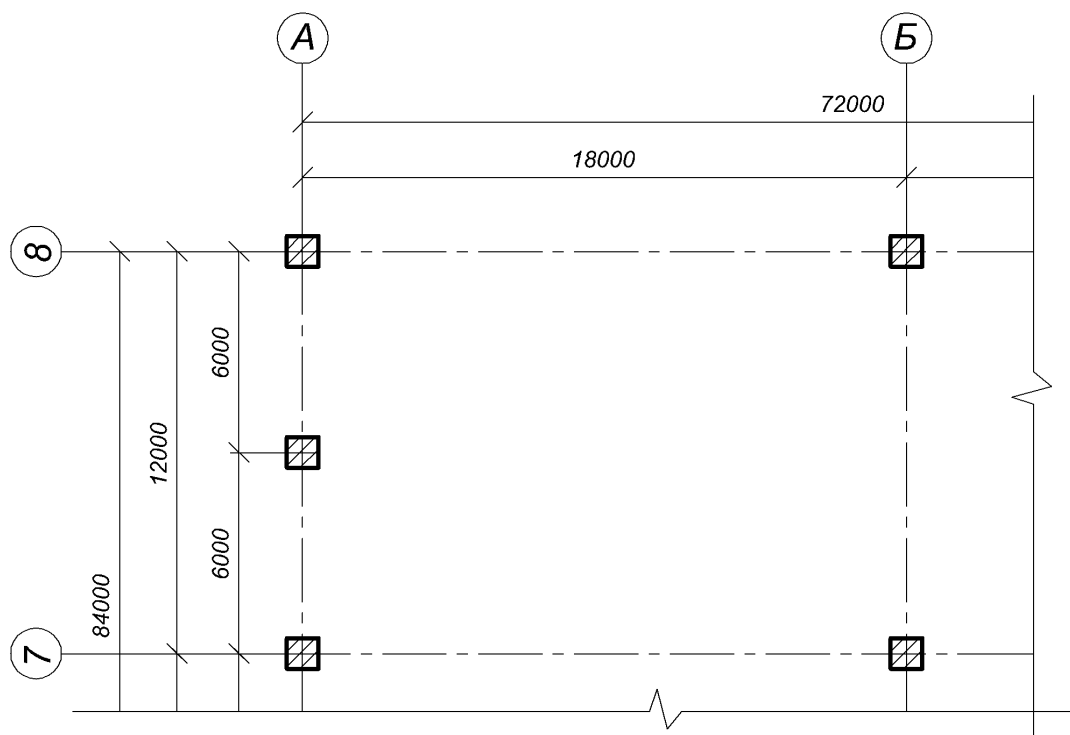


Рисунок 1 – Схема вибору сітки колон

## 5.2 Встановлення меж цеху і відділень

Згідно прийнятого масштабу на компоувальному плані згідно прийнятих умовних позначень [4] відмічають основні стіни, межі між відділеннями і дільницями, в'їзди для транспорту, магістральні проїзди, основні піднімально-транспортні пристрої з вказанням основних технологічних розмірів. На плані наводять відповідні написи, які вказують назви цехів, відділень, дільниць і їх площі. Особливу увагу слід звернути на дотримання масштабу. При розробці

компонувального плану повинні бути враховані такі загальні вимоги: прямоочність виробничого процесу, найкращі шляхи руху продукції на протязі процесу виробництва, розташування дільниць з шкідливими виділеннями і небезпечних в пожежному відношенні біля зовнішніх стін будівлі.

**Приклад виконання:**

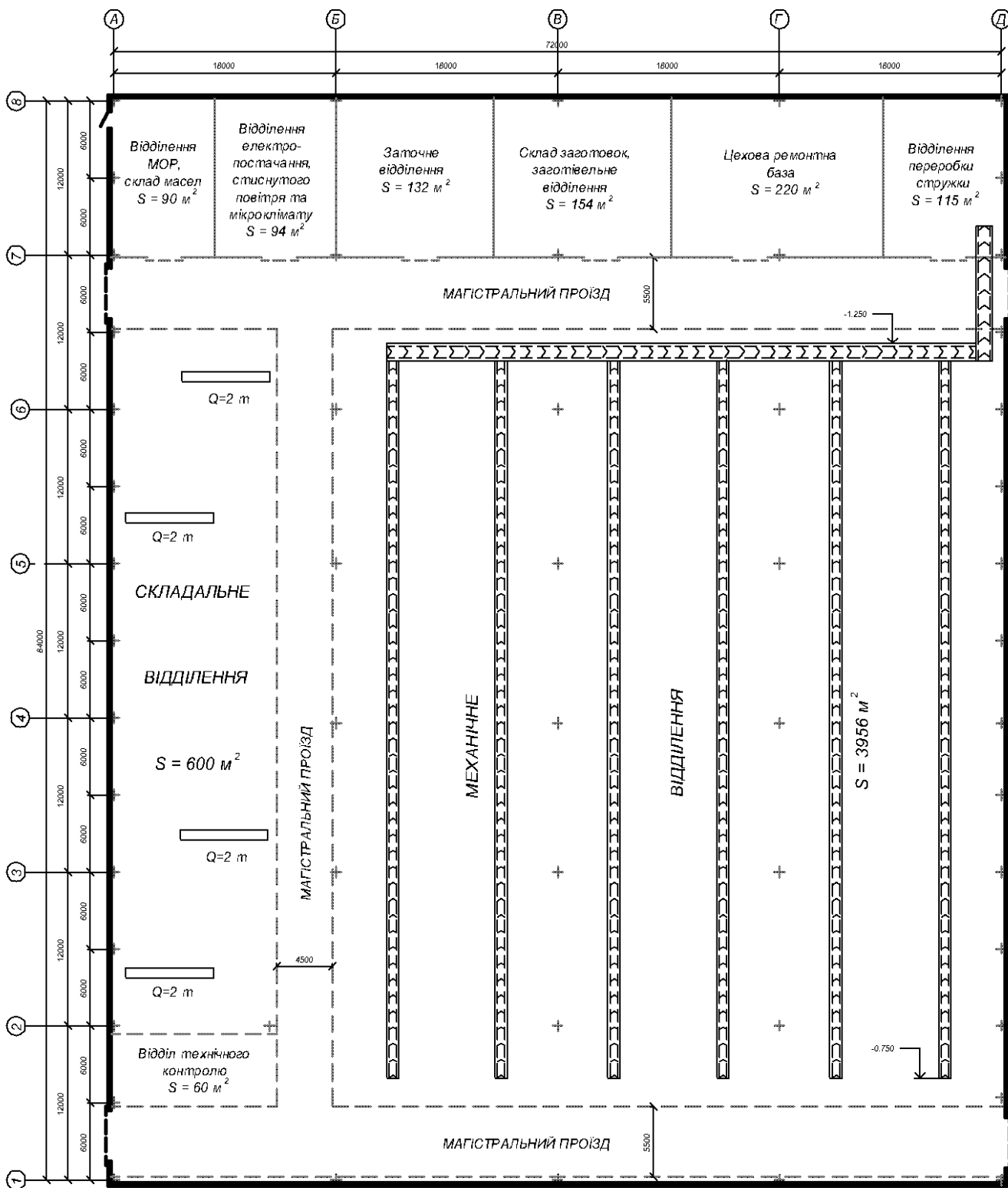


Рисунок 2 – Компонувальний план механоскладального цеху

### 5.3 Вибір поперечного прольоту цеху

Значення висоти прольоту цеху  $H$  приймають виходячи із його ширини, максимальної висоти обладнання, мінімальної відстані між обладнанням та вантажем, а також типу кранового обладнання [4, табл. 13]. Рекомендований масштаб поперечного перерізу прольоту цеху 1:50 або 1:100.

*Приклад виконання:*

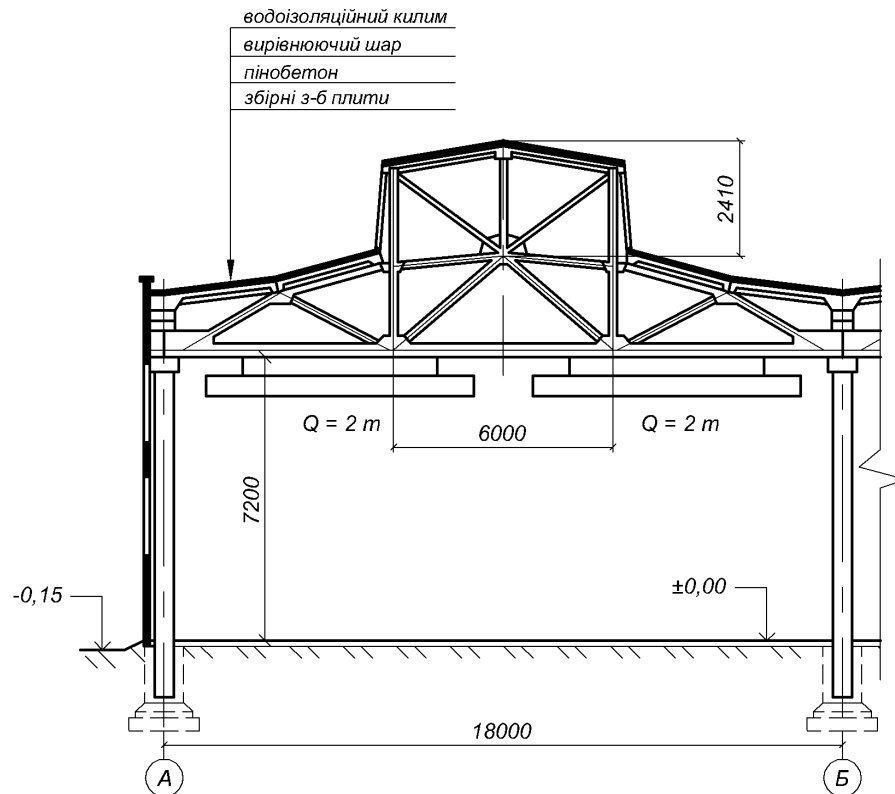


Рисунок 3– Поперечний переріз цеху

## **6 Практичне заняття №6.**

### **Розробка компоувального плану службово-побутових приміщень механоскладального цеху**

#### **6.1 Вибір розмірів уніфікованих типових секцій (УТС)**

Прибудовані та окремо розташовувані допоміжні будівлі адміністративно-побутового призначення компоуються з уніфікованих типових секцій, які характеризуються шириною 12 і 18 м, довжиною 36, 48, 60 м, сіткою колон 9х6 або 6х6 м і кількістю поверхів 2, 3 і 4 [4]. Висота поверхів приймається рівною 3,6; 4,2; 6 м. Всі прольоти повинні бути однакової ширини згідно значень стандартного ряду. Пристінні колони розміщують з кроком рівним прийнятій сітці колон. Прибудовані допоміжні будівлі розташовують з боку, по довжині, цеху. Допоміжні споруди не повинні покривати основні магістральні проїзди механоскладального цеху. Якщо площа допоміжних будівель адміністративно-побутового призначення, з урахуванням максимально-допустимої кількості поверхів, не дозволяє розміщувати їх вздовж цеху, то їх проектують як самостійну будівлю. При неспівпаданні розрахункової та уніфікованої площ проводять корекцію розрахункового значення з максимальним наближенням до найближчого уніфікованого.

Компоувальний план допоміжних будівель адміністративно-побутового призначення виконують у тому ж масштабі в якому виконано компоувальний план механоскладального цеху, поперечний переріз – відповідно до масштабу поперечного перерізу цеху.

Для виконання практичного заняття за вихідні дані приймаються результати розрахунку, згідно свого варіанту, практичних занять №3, №5.

#### ***Приклад виконання:***

Дані згідно практичного заняття №3, відповідно розрахункова площа площа службово-побутових приміщень цеху – 1360 м<sup>2</sup>. Орієнтуємось на відстань між магістральними проїздами механоскладального цеху згідно його компоувального плану (практичне заняття №5) – вона складає 60 м. Тобто це дозволяє виконати службово-побутові приміщення прибудованими з використанням максимальної уніфікованої довжини. Розглянемо варіанти корекції площ.

Варіант 1. Площа одного поверху з урахуванням мінімальної ширини (12 м) і максимальної довжини (60 м) УТС [посилання]:

$$12 \times 60 = 720 \text{ м}^2.$$

Площа двох поверхів:

$$720 \times 2 = 1440 \text{ м}^2.$$

Різниця між уніфікованою і розрахунковою площами:

$$1440 - 1360 = 80 \text{ м}^2.$$

Варіант 2. Площа одного поверху з урахуванням мінімальної ширини (12 м) і наступного стандартного значення довжини (48 м) УТС [посилання]:

$$12 \times 48 = 576 \text{ м}^2.$$

Площа двох поверхів:

$$576 \times 2 = 1152 \text{ м}^2.$$

Різниця між уніфікованою і розрахунковою площами:

$$1360 - 1152 = 208 \text{ м}^2.$$

- отже приймаємо розмір УТС із площею ближчою до розрахункової, а саме: розмір в плані 12х60 м; 2 поверхи; сітка колон бхб м; масштаб аналогічний масштабу компоувального плану механоскладального цеху. Креслимо сітку колон згідно вибраної УТС.

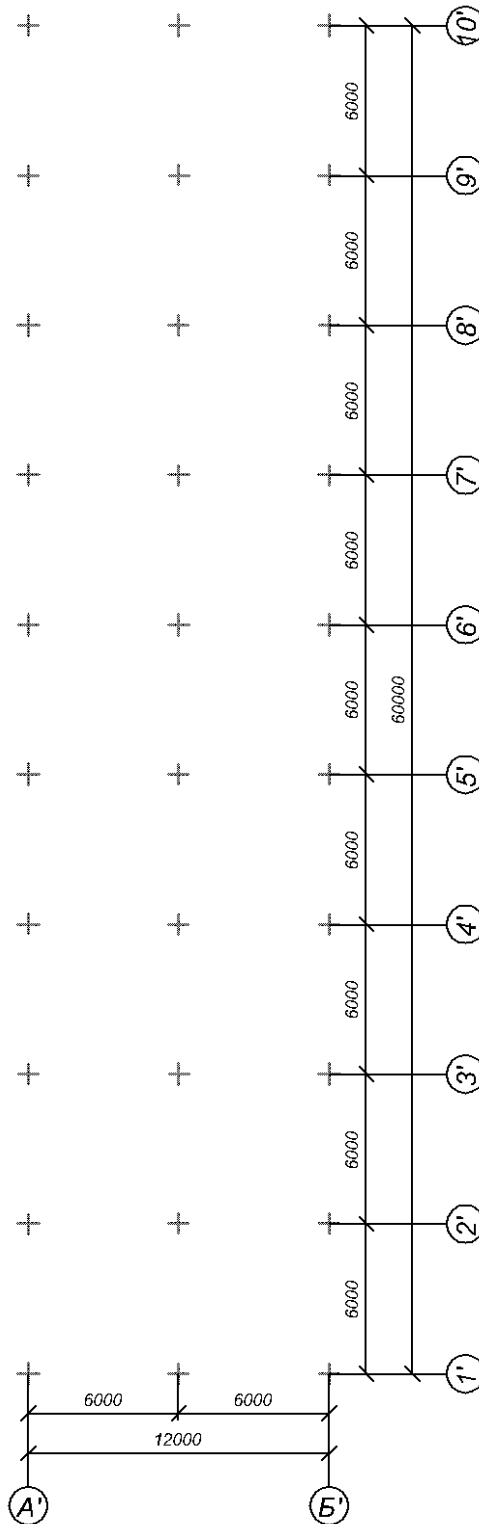


Рисунок 1 – Схема вибору сітки колон службово-побутових приміщень цеху

## 6.2 Розробка плану службово-побутових приміщень цеху та його поперечного перерізу

Згідно прийнятого масштабу на компоувальному плані умовними позначеннями відмічаємо основні стіни, входи-виходи, сходові клітки, місце розташування приміщення відносно цеху. З міркувань пожежної безпеки відстань від найбільш віддаленого місця приміщення до виходу повинна бути не більше 25 м, відповідно з такого розрахунку передбачають кількість входів-виходів та сходових кліток для багатоповерхових споруд.

Перегородки всередині службово-побутової споруди, у разі відсутності інформації про площі внутрішніх приміщень, не показують. На плані вказують назву приміщення, площу та кількість поверхів.

*Приклад виконання:*

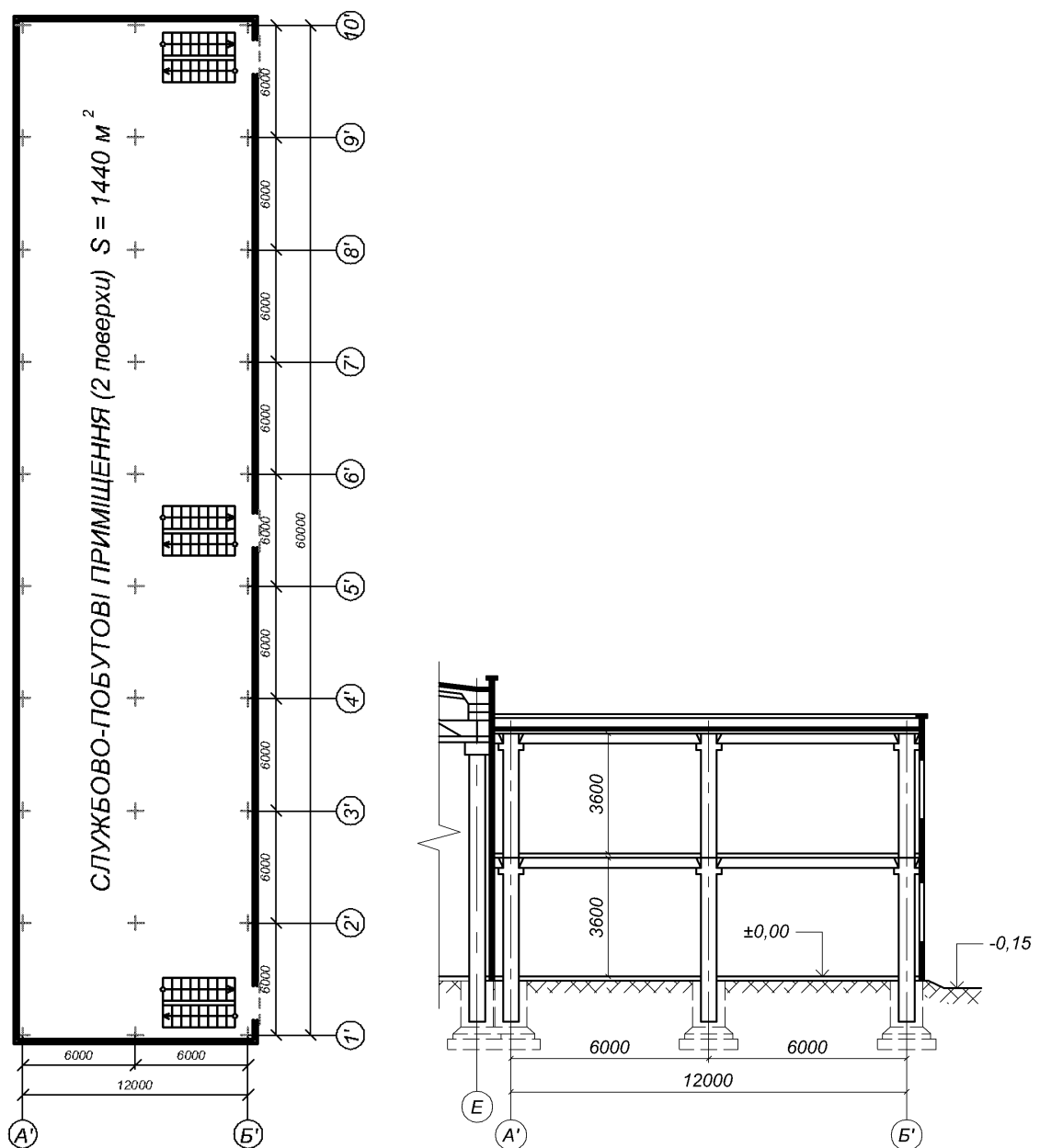


Рисунок 2 – Схема планування і поперечний переріз службово-побутових приміщень цеху

## 7 Практичне заняття №7.

### Розрахунок параметрів обладнання дільниці цеху автоматизованої гнучкої виробничої системи

Гнучка виробнича система (ГВС) – це керований засобами обчислювальної техніки комплекс технологічного обладнання, що автоматично адаптується до змін у програмі виробництва. До складу ГВС входять гнучкі виробничі модулі (ГВМ) та/або гнучкі виробничі осередки (ГВО), автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ) та система забезпечення функціонування (СЗФ). ГВС застосовується в середньосерійних та крупносерійних виробництвах.

#### 7.1 Розрахунок обладнання дільниці цеху автоматизованої ГВС

Послідовність розрахунку обладнання дільниці цеху автоматизованої ГВС виконують за такими пунктами:

а) кількість верстатів і роботів-маніпуляторів.

Кількість верстатів і роботів-маніпуляторів визначають за формулою:

$$C_p = \frac{T_{um}}{\tau_e}, \text{ од.} \quad (1)$$

де  $T_{um}$  – штучний час на виготовлення деталі, хв.

$\tau_e$  – такт випуску деталі, хв.

Такт випуску деталі рівний

$$\tau_e = \frac{60 \cdot F_d}{N}, \quad (2)$$

де  $F_d$  – дійсний фонд часу роботи обладнання. (при однозмінній роботі – 2030 год.; двохзмінній – 4015 год.; трьохзмінній – 5960 год.)

$N$  – річна програма випуску деталей.

б) коефіцієнт завантаження обладнання.

Сумарний коефіцієнт завантаження обладнання ГВС визначається відношенням розрахункової кількості обладнання до прийнятої.

$$k = \frac{C_p}{C_n}. \quad (3)$$

в) кількість палет і тари.

Для забезпечення повноцінного функціонування обладнання кількість палет і тари приймається не менше кількості роботів-маніпуляторів.

г) кількість комірок для автоматизованого складу.

Розрахункове значення кількості комірок визначають за формулою:

$$N_k = \frac{N \cdot k_3 \cdot k_5 \cdot k_7}{\Phi \cdot k_4 \cdot k_6 \cdot k_1} (1 + k_{21} + k_{22}), \quad (4)$$



де  $N$  – річна програма випуску деталей, шт.;

$k_3$  – поправочний коефіцієнт,  $k_3 = 1,25$ ;

$k_5$  – максимальна кількість змін роботи обладнання;

$k_7$  – коефіцієнт, що враховує кількість комірок автоматизованого складу для зберігання технологічного оснащення та інструменту,  $k_7 = 1,3$ ;

$\Phi$  – кількість робочих днів у році,  $\Phi \approx 250 \dots 260$ .

$k_4$  – кількість змін;

$k_6$  – кількість одиниць транспортної тари, що знаходиться в комірці автоматизованого складу,  $k_6 = 1 \dots 2$ ;

$k_1, k_{21}, k_{22}$  – поправочні коефіцієнти,  $k_1 = 1,2 \dots 1,4$ ;  $k_{21} = 4$ ;  $k_{22} = 4$ .

д) кількість транспортних робіт (ТР).

Значення кількості ТР приймається з наступної рівності:

$$n_p \geq 1,2 \frac{\frac{T_{um.max}}{T_{um.}} \cdot 2(t_p + t_r + t_m + t_{n.в}) \cdot k_3}{T_{um.max} \cdot k_1 \cdot \frac{1}{k_8}}, \quad (5)$$

де  $T_{um.max}$  – максимальний штучний час на технологічну операцію, хв.;

$T_{um}$  – штучний час на виготовлення деталі, хв.;

$t_p$  – час на розгін ТР, хв.;

$t_r$  – час на гальмування ТР, хв.;

$t_m$  – час його руху на маршовій швидкості, хв.;

$t_{n.в.}$  – час на виконання транспортним роботом циклу «покласти-взяти», хв.

$k_1, k_3$  – поправочні коефіцієнти,  $k_1 = 1,2 \dots 1,4$ ;  $k_3 = 1,25$ ;

$k_8$  – коефіцієнт кількості операцій.

е) площа обслуговуваної поверхні транспортного робота.

Розміри складу-накопичувача залежать від кількості комірок  $N_k$ . Маючи розміри однієї комірки (висоту  $h$  і ширину  $b$ ), встановлюють параметри складу-накопичувача. Обслуговувана поверхня транспортного робота

$$F_c = h \cdot b \cdot N_k, \text{ м}^2 \quad (6)$$

де  $h, b$  – габарити торцевої поверхні комірки, м.

є) довжина складу накопичувача.

Робоча довжина складу рівна відношенню площі обслуговуваної поверхні транспортного робота до середньої висоти підйому вантажу.

$$L_c = \frac{F_c}{H_c}, \text{ м} \quad (7)$$

де  $H_c$  – середня висота підйому вантажу,  $H_c = 3 \dots 12$  м.

При розрахунках необхідно враховувати, що максимальна довжина складу для одного транспортного робота не повинна перевищувати 120 м.

ж) продуктивність крана-штабелера.

Продуктивність транспортного обладнання ГВС рівна

$$Q = 60 \cdot m \cdot \frac{k_t}{t_{к.ш}}, \text{ цикл/год.} \quad (8)$$

де  $m$  – кількість піддонів, що одночасно переміщуюються;

$k_t$  – коефіцієнт використання обладнання,  $k_t = 0,8 \dots 0,9$ ;

$t_{к.ш}$  – тривалість циклу роботи крана-штабелера.

$$t_{к.ш} = 2 \left( \frac{L_c}{V_k} + \left( \frac{H_c + 0,2}{V_n} \right) \cdot k' + 2 \left( \frac{b_6 + 0,1}{V_r} \right) + t_0 \right), \quad (9)$$

де  $L_c$  – розрахункова довжина складу накопичувача, м;

$V_k, V_n, V_r$  – відповідно швидкості переміщення крана, підйому каретки і висування телескопічного вантажозахоплювача, м/хв.;

$H_c$  – середня висота підйому вантажу,  $H_c = 3 \dots 12$  м;

$k'$  – коефіцієнт, що враховує суміщення руху штабелера з підйомом вантажу,  $k' = 0,25 \dots 0,3$ ;

$b_6$  – максимальна ширина вантажу, м;

$t_0$  – додатковий транспортний час,  $t_0 = 0,1 \dots 0,4$  хв.

#### **Приклад виконання:**

Кількість верстатів і роботів-маніпуляторів визначимо за формулою [посилання], де  $T_{ум} = 19,97$  хв.;  $F_\partial = 4015$  год. (робота у дві зміни);  $N = 100000$  шт.

Такт випуску деталі:

$$\tau_e = \frac{60 \cdot 4015}{100000} = 2,409 \text{ хв.}$$

Відповідно кількість верстатів і роботів-маніпуляторів

$$C_p = \frac{19,97}{2,409} = 8,29 \text{ од.}$$

– приймаємо  $C_n = 9$  верстатів і 9 роботів-маніпуляторів для їх обслуговування.

Коефіцієнт завантаження обладнання ГВС рівний

$$k = \frac{C_p}{C_n} = \frac{8,29}{9} = 0,921.$$

Кількість палет і тари дорівнює кількості роботів-маніпуляторів.

Відповідно приймаємо 9 одиниць палет і 9 одиниць тари.

Кількість комірок для автоматизованого складу визначимо за формулою [посилання], де  $k_3 = 1,25$ ;  $k_5 = 8$  змін;  $k_7 = 1,3$ ;  $\Phi = 253$  дні;  $k_4 = 2$ ;  $k_6 = 1$ ;  $k_1 = 1,2$ ;  $k_{21} = 4$ ;  $k_{22} = 4$ .

$$N_k = \frac{100000 \cdot 1,23 \cdot 8 \cdot 1,3}{253 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1,2} (1 + 4 + 4) = 18960 \text{ шт.}$$

Кількість транспортних роботів визначимо за формулою [посилання], де  $T_{ум, max} = 8,27$  хв.;  $T_{ум} = 19,97$  хв.;  $t_p = 0,1$  хв.;  $t_r = 0,2$  хв.;  $t_m = 0,6$  хв.;  $t_{н.в.} = 0,2$  хв.;  $k_1 = 1,2$ ;  $k_3 = 1,25$ ;  $k_8 = 8$ .

$$n_p \geq 1,2 \frac{\frac{8,27}{19,97} \cdot 2(0,1 + 0,2 + 0,6 + 0,2) \cdot 1,25}{8,27 \cdot 1,2 \cdot \frac{1}{8}} \approx 1,1$$

– приймаємо  $n_n = 1$  транспортний робот.

Обслуговувана поверхня транспортного робота, при  $h = 0,2$  м;  $b = 0,2$  м:

$$F_c = 0,2 \cdot 0,2 \cdot 18960 = 758,4 \approx 758 \text{ м}^2$$

Робоча довжина складу, при  $H = 8$  м рівна

$$L_c = \frac{758}{8} = 94,5 \approx 95 \text{ м.}$$

– що є прийнятним, оскільки максимальна довжина складу для одного транспортного робота не повинна перевищувати 120 м.

Продуктивність транспортного крана-штабелера при  $m = 2$ ;  $k_t = 0,8$  і тривалості циклу роботи крана-штабелера ( $L_c = 95$  м;  $V_k = V_n = V_r = 50$  м/хв.;  $H_c = 8$  м;  $k' = 0,25$ ;  $b_e = 0,19$  м;  $t_0 = 0,3$  хв.):

$$t_{к.ш} = 2 \left( \frac{95}{50} + \frac{8 + 0,2}{50} \cdot 0,25 + 2 \frac{0,19 + 0,1}{50} + 0,3 \right) = 4,5052 \approx 4,51 \text{ хв.}$$

Відповідно його продуктивність

$$Q = 60 \cdot 2 \cdot \frac{0,8}{4,51} = 21,28 \approx 21 \text{ цикл/год.}$$

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Когут М. С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні : підручник / М. С. Когут. – Львів : Вид-во ДУ «Львівська політехніка», 2000. – 352 с.
2. Мамаев В. С. Основы проектирования машиностроительных заводов : учебник / В. С. Мамаев, В. Г. Осипов. – М.: Машиностроение, 1974. – 296 с.
3. Иванов В. П. Проектирование производственных участков в машиностроении: практикум / В. П. Иванов. – Минск: Техноперспектива, 2009. – 224 с.
4. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Проектування машинобудівних виробництв» зі спеціальності 131 Прикладна механіка для підготовки освітнього рівня «магістр» / Укладачі : Комар Р.В., Сенчишин В.С. – Тернопіль : 2021. – 36 с.
5. Дусанюк Ж. П. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В.Савуляк, О. В.Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.
6. Джур Є. О. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина : навч. посіб. / Є. О. Джур, О. В. Бондаренко. – Д.: «Інновація», 2011. – 109 с.

## Додаток А

### Варіанти завдань до практичного заняття №1

№ вар.	Виріб, який виготовляється	Режим роботи, змін	Річна програма випуску, шт.	Трудомісткість мехобробки верстато-год.	Маса виробу, т
1	2	3	4	5	6
01	Токарно-гвинторізний верстат	I	85	2400	3,6
02	Двигун вантажного автомобіля в/п 2 т	II	500	550	0,2
03	Круглошліфувальний верстат	III	900	2350	4,2
04	Задній міст вантажного автомобіля в/п 3,5 т	I	200	150	0,15
05	Розточувальний верстат з ЧПК	II	1500	1950	5,3
06	Шасі легкового автомобіля	III	60000	85	0,02
07	Зубошліфувальний верстат	I	90	3500	6,0
08	Шасі вантажного автомобіля в/п 2 т	II	30000	90	0,05
09	Горизонтально-фрезерний верстат	III	3800	1800	5,1
10	АКПП легкового автомобіля	I	20000	185	0,03
11	Зубофрезерний верстат з ЧПК	II	400	2650	6,5
12	Двигун вантажного автомобіля в/п 3,5 т	III	50000	850	0,35
13	Радіально-свердильний верстат	I	2400	850	1,3
14	Двигун легкового автомобіля	II	25000	450	0,14
15	Копіювально-фрезерний верстат	III	350	1580	3,8
16	АКПП вантажного автомобіля в/п 2 т	I	20000	190	0,015
17	Консольно-агрегатний верстат	II	670	810	12,3
18	Токарно-револьверний верстат	III	400	1300	2,0
19	Двигун вантажного автомобіля в/п 2,4 т	I	7350	475	0,25
20	Плоскошліфувальний верстат	II	750	2100	3,7
21	МКПП вантажного автомобіля в/п 3,5 т	III	2000	135	0,012

1	2	3	4	5	6
22	Черв'ячно-шліфувальний верстат	I	50	4800	8,0
23	Шасі вантажного автомобіля в/п 4 т	II	55000	85	0,11
24	Вертикально-розточувальний верстат	III	3500	1600	3,1
25	АКПП вантажного автомобіля в/п 2,2 т	I	10000	175	0,012

## Додаток Б

### Варіанти завдань до практичного заняття №2

№ вар.	Кількість верстатів, шт.	Обладнання мех. цеху	Обладнання склад. цеху	Режим роботи, змін	Трудо-кість складальних робіт, люд.-год.	Тип вироб.-ва	Робочий тиждень, год.
1	2	3	4	5	6	7	8
01	156	МРВ до 10 т	Роб. місце склад.-ника	I	204000	одиничне	36
02	210	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	27500	серійне	41
03	168	МРВ з ЧПК від 10 т	Складальне автоматич. обладнання	III	2115000	крупно сер.	36
04	255	МРВ від 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	30000	дрібно сер.	41
05	286	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	2925000	серійне	36
06	125	Агрегатні верстати	Складальне автоматич. обладнання	III	5100000	масове	41
07	320	МРВ до 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	315000	одиничне	36
08	450	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	2700000	серійне	41
09	535	МРВ з ЧПК від 10 т	Складальне автоматич. обладнання	III	6840000	крупно сер.	36
10	640	МРВ від 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	3700000	дрібно сер.	41

1	2	3	4	5	6	7	8
11	560	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	1060000	серійне	36
12	200	Агрегатні верстати	Складальне автоматич. обладнання	III	42500000	масове	41
13	400	МРВ до 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	2040000	одиничне	36
14	500	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	11250000	серійне	41
15	295	МРВ з ЧПК від 10 т	Складальне автоматич. обладнання	III	553000	крупно сер.	36
16	378	МРВ від 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	3800000	дрібно сер.	41
17	269	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	542700	серійне	36
18	950	Агрегатні верстати	Складальне автоматич. обладнання	III	520000	масове	41
19	330	МРВ до 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	3491250	одиничне	36
20	626	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	1575000	серійне	41
21	800	МРВ з ЧПК від 10 т	Складальне автоматич. обладнання	III	270000	крупно сер.	36
22	274	МРВ від 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	240000	дрібно сер.	41
23	468	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	4675000	серійне	36
24	805	Агрегатні верстати	Складальне автоматич. обладнання	III	5600000	масове	41
25	314	МРВ до 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	1750000	одиничне	36

## Додаток В

### Варіанти завдань до практичного заняття №3

№ вар.	Форма вироб-ва	Тип вироб.-ва	К-кість МРВ, шт.	Виробни-ча площа, м <sup>2</sup>	Маса виробу, т	Програма випуску, шт.	Габарити деталей	К-кість вир.-ків, чол.
01	групова	одиничне	156	3120	3,6	85	дрібні	150
02	потокова	серійне	210	4200	0,2	500	середні	200
03	потокова	крупно сер.	168	3360	4,2	900	крупні	160
04	групова	дрібно сер.	255	5100	0,15	200	дрібні	210
05	потокова	серійне	286	5720	5,3	1500	середні	240
06	потокова	масове	125	2500	0,02	60000	крупні	65
07	групова	одиничне	320	6400	6,0	90	дрібні	155
08	потокова	серійне	450	9000	0,05	30000	середні	225
09	потокова	крупно сер.	535	10700	5,1	3800	крупні	227
10	групова	дрібно сер.	640	12800	0,03	20000	дрібні	320
11	потокова	серійне	560	11200	6,5	400	середні	230
12	потокова	масове	200	4035	0,35	50000	крупні	100
13	групова	одиничне	400	8125	1,3	2400	дрібні	199
14	потокова	серійне	500	10155	0,14	25000	середні	250
15	потокова	крупно сер.	295	5900	3,8	350	крупні	152
16	групова	дрібно сер.	378	7560	0,015	20000	дрібні	163
17	потокова	серійне	269	5380	12,3	670	середні	148
18	потокова	масове	950	19000	2,0	400	крупні	435
19	групова	одиничне	330	6600	0,25	7350	дрібні	157
20	потокова	серійне	626	12520	3,7	750	середні	305
21	потокова	крупно сер.	800	16255	0,012	2000	крупні	400
22	групова	дрібно сер.	274	5480	8,0	50	дрібні	125
23	потокова	серійне	468	9360	0,11	55000	середні	243
24	потокова	масове	805	16105	3,1	3500	крупні	403
25	групова	одиничне	314	6280	0,012	10000	дрібні	148

## Додаток Г

### Варіанти завдань до практичного заняття №4

№ вар.	Маса виробу, т	Річна програма випуску, шт.	Режим роботи, змін	Робочий тиждень, год.
1	2	3	4	5
01	3,6	85	I	36
02	0,2	500	II	41
03	4,2	900	III	36
04	0,15	200	I	41
05	5,3	1500	II	36
06	0,02	60000	III	41
07	6,0	90	I	36
08	0,05	30000	II	41



1	2	3	4	5
09	5,1	3800	III	36
10	0,03	20000	I	41
11	6,5	400	II	36
12	0,35	50000	III	41
13	1,3	2400	I	36
14	0,14	25000	II	41
15	3,8	350	III	36
16	0,015	20000	I	41
17	12,3	670	II	36
18	2.0	400	III	41
19	0,25	7350	I	36
20	3,7	750	II	41
21	0,012	2000	III	36
22	8,0	50	I	41
23	0.11	55000	II	36
24	3,1	3500	III	41
25	0,012	10000	I	36

Додаток Д

Варіанти завдань до практичного заняття №7

Параметри	Варіанти завдань																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Штучний час на виготовлення деталі $T_{шт}$ , хв.	26,5	23,7	22,6	21,4	20,6	23,6	21,7	24,1	15,9	21,4	12,5	14,6	16,2	18,8	19,7	15,4	22,9	21,6	23,5	13,9	24,7	17,7	16,7	19,8	28,1
Макс. шт. час на техн. операцію $T_{шт. тех.}$ , хв.	3,8	6,7	4,3	5,4	3,6	8,7	5,7	7,1	4,3	8,4	3,9	7,4	6,3	5,9	8,9	8,5	6,8	6,9	7,1	5,4	8,7	5,3	3,8	6,5	3,4
Річна програма випуску деталей $N$ , шт.	50т	60т	70т	80т	90т	100т	55т	65т	75т	85т	95т	105т	50т	60т	70т	80т	90т	100т	55т	65т	75т	85т	95т	105т	50т
Кількість змін роботи	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Максимальна кількість змін роботи обладнання $k_5$ , змін	5					6					7					8					9				
Час на розгін транспортного робота (ТР) $t_p$ , хв.	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14
Час на гальмування ТР $t_{г}$ , хв.	0,2	0,22	0,24	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,2	0,22	0,24	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,2	0,22	0,24	0,23	0,24
Час руху ТР на маршовій швидкості $t_{м}$ , хв.	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Час на виконання ТР циклу "покласти", "взяти" $t_{п.в.}$ , хв.	0,24	0,26	0,28	0,3	0,32	0,2	0,22	0,21	0,25	0,27	0,2	0,22	0,21	0,25	0,27	0,24	0,26	0,28	0,3	0,32	0,2	0,22	0,21	0,25	0,27
Коеф. кількості опер. $k_8$	4	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7	8	9	8	9	3	4	5	6	7	8	9	8	9	8
Габарити торцевої поверхні $h, b, m$	0,2	0,19	0,18	0,18	0,17	0,18	0,15	0,14	0,15	0,21	0,17	0,18	0,17	0,18	0,17	0,18	0,16	0,19	0,14	0,16	0,12	0,18	0,17	0,18	0,16
Піддони, що одночасно переміщуються $m$ , шт.	0,2	0,21	0,17	0,2	0,19	0,27	0,16	0,22	0,15	0,15	0,2	0,23	0,16	0,15	0,13	0,16	0,16	0,22	0,12	0,13	0,16	0,15	0,13	0,16	0,16
Максимальна ширина вантажу $b_6, m$	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2
Швидкості $V_k, V_n, V_p, m/хв.$ ;	0,19	0,2	0,16	0,19	0,17	0,26	0,15	0,21	0,14	0,13	0,19	0,22	0,15	0,14	0,12	0,15	0,14	0,2	0,11	0,12	0,15	0,14	0,12	0,15	0,13
Швидкості $V_k, V_n, V_p, m/хв.$ ;	20	30	40	50	60	25	35	45	55	65	20	30	40	50	60	25	35	45	55	65	20	30	40	50	60