

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

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять
з дисципліни «Проектування машинобудівних виробництв»
для здобувачів
другого (освітньо-професійного) рівня вищої освіти
за спеціальністю G9 Прикладна механіка

Тернопіль
2025

УДК 624.922
М-11

Укладачі:

Комар Р.В., канд. техн. наук, доцент;
Окіпний І.Б., 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 № 1 від 28 серпня 2025 року.

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні методичної ради
факультету інженерії машин, споруд та технологій
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.
Протокол № 1 від 29 серпня 2025 року.

**Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни
«Проектування машинобудівних виробництв» для здобувачів
М-11 другого (освітньо-професійного) рівня вищої освіти за
спеціальністю G9 Прикладна механіка / Укладачі :
Комар Р.В., Окіпний І.Б. – Тернопіль : 2025. – 36 с.**

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

© Комар Р.В., Окіпний І.Б. 2025
© Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя, 2025

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
1 Тема 1. Аналіз вихідних даних для проектування технологічних процесів	4
1.1 Опис службового призначення деталі	5
1.2 Аналіз технічних умов	6
1.3 Встановлення рівня технологічності деталі	6
1.4 Аналіз доцільності вибору матеріалу	7
2 Тема 2. Структура технологічних процесів	8
3 Тема 3. Вибір обладнання для технологічних процесів	10
3.1 Уточнення типу виробництва	10
3.2 Встановлення трудомісткості робіт	11
3.3 Вибір типу металорізального обладнання з розрахунком площі ділянки	12
4 Тема 4. Ресурсне забезпечення технологічного процесу	13
4.1 Визначення кількісного складу працюючих в механічному відділенні за категоріями	13
4.2 Визначення кількості робочих місць	15
4.3 Визначення кількісного складу працюючих в складальному відділенні за категоріями	15
4.4 Визначення кількості наземного транспорту	16
4.5 Визначення кількості кранового обладнання	17
5 Тема 5. Розробка допоміжних виробництв	18
5.1 Заточне відділення	18
5.2 Цехова ремонтна база (ЦРБ)	18
5.3 Відділення для відведення та переробки стружки	19
5.4 Відділення для приготування мастильно-охолоджувальних рідин (МОР), склад масел	19
5.5 Пункти відділу технічного контролю	20
5.6 Системи електропостачання, стисненого повітря та мікроклімату	20
5.7 Склад заготовок	20
5.8 Заготівельне відділення	21
5.9 Визначення загальної площі механоскладального цеху	22
5.10 Визначення площі службово-побутових приміщень	22
6 Тема 6. Компонування машинобудівного виробництва	23
7 Тема 7. Планування розміщення засобів виробництва на ділянці	24
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	27
ДОДАТКИ	28

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Завдання для практичних занять в загальному випадку можна сформулювати таким чином: спроектувати машинобудівне виробництво, яке забезпечить випуск заданого виробу, необхідної якості в заданій кількості при досягненні мінімально можливих приведених затрат на виготовлення і з урахуванням усіх виробничих вимог.

Варіант завдання для практичних занять видає викладач, також його можна обрати самостійно згідно порядкового номеру у журналі групи. У зв'язку із об'ємним змістом креслення деталей до завдань практичних занять 1, 2 розміщені тільки на сторінці курсу в системі АТьютор університету, вкладка «Практичні заняття» з номером відповідної теми, інші завдання розміщені як на сторінці курсу, так і у додатках даних методичних вказівок. Всі числові дані, приведені в завданнях, носять умовний характер і не є нормативними.

Звіт по практичних заняттях, оформлений у відповідності із загальними вимогами до текстових документів, представляється у друкованому вигляді викладачу або у електронному варіанті, який завантажується у скриньку завдань курсу.

1 Тема 1. Аналіз вихідних даних для проєктування технологічних процесів

Мета заняття: набути навичок проведення аналізу вихідних даних для проєктування технологічних процесів механічної обробки.

Вихідні дані: основними вихідними даними є креслення деталі, технічні умови на виготовлення; річна програма випуску.

Завдання до виконання: згідно свого індивідуального варіанту провести підготовку вихідних даних для проєктування технологічного процесу механічного оброблення деталі.

Розробляючи процес, технолог визначає його зміст, розділяє це зміст на частини – операції, встановлює послідовність операцій у процесі та оформляє пророблену роботу у вигляді операційних карт.

Головними вихідними даними для розробки технологічного процесу є [1]:

1. Робоче креслення деталі і складальне креслення вузла, у який входить дана деталь.
2. Виробнича програма (як правило річна), а також дані про загальну кількість машин, гаданих до випуску по незмінних кресленнях.
3. Додаткові дані та умови, що повинні бути дотримані при розробці технологічного процесу.

Робоче креслення деталі. Робочі креслення деталі є єдиним документом, що визначає вимоги до деталі – єдиною основою для контролю і приймання деталей після виготовлення. Тому в ньому повинні бути дані вичерпні відомості про деталь. На кресленні повинно бути вказані: мінімально необхідна кількість

розрізів, проєкцій та перерізів; всі розміри з допусками; допустимі відхилення геометричної форми (овальність, некруглість, конусоподібність і т.д.) та взаємного розміщення (неспіввісність поверхонь, непаралельність і т.п.); шорсткості оброблюваних і необроблюваних поверхонь; відомості про марку матеріалу, термічну, термохімічну або іншу спеціальну обробку і про механічні характеристики матеріалу після такої обробки; номер деталі і кількість деталей, що входять у вузол; вказівки про спеціальну обробку поверхонь і технічні вимоги на готову деталь.

Виробнича програма. Виробнича програма переважно подається у вигляді необхідної кількості виробів у рік при певній кількості робочих змін на добу (або у виді кількості виробів по даному замовленню з терміном його виконання).

Перед тим, як приступити до розробки технологічного процесу, необхідно вивчити умови роботи деталі у вузлі, встановити її службове призначення, встановити оброблювані поверхні і ступінь їх точності та відповідальності, провести технологічне відпрацювання конструкції. Також, при необхідності, можна навести дані про матеріал деталі у вигляді таблиць: хімічний склад, механічні властивості.

1.1 Опис службового призначення деталі

У процесі проєктування необхідно ознайомитися із конструкцією деталі, її призначенням та умовами роботи у вузлі чи механізмі. Для цього потрібно навести опис службового призначення самої деталі, основних поверхонь та їх взаємного розташування, вимог до точності та чистоти обробки. Для спрощення опису кожній поверхні доцільно присвоїти позначення та вказати його на кресленні чи схемі [2].

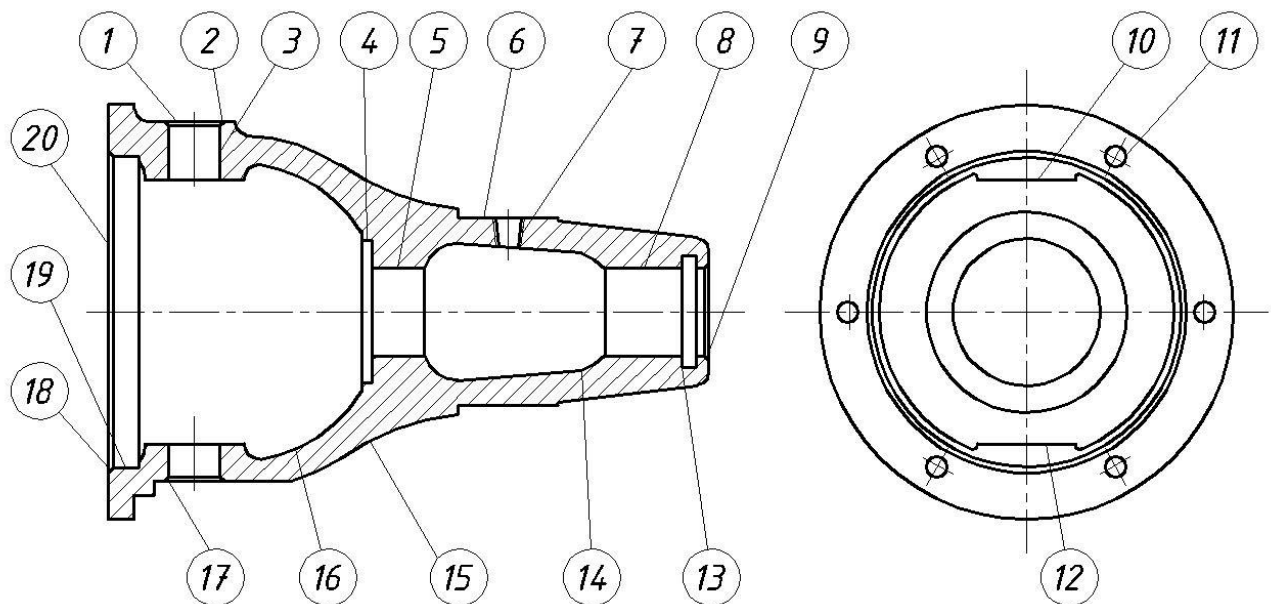


Рисунок 1.1 – Приклад позначення поверхонь виробу

Результати доцільно оформити у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні вимоги до оброблюваних поверхонь

Поверхня	Вид поверхні, розмір, вимоги	Точність	Шорсткість
1	2	3	4
1	Плоска $18^{-0,15}$; $65,25^{-0,74}$	H14	Rz80
...	...	...	...
...	...	...	...

1.2 Аналіз технічних умов

При аналізі технічних умов необхідно опрацювати граничні відхилення розмірів, вимоги до шорсткості, допусків форми та взаємного розташування поверхонь [1]. Необхідно виявити найбільш відповідальні поверхні, вибрати методи їх обробки та контролю. Результати аналізу необхідно представити у вигляді таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Способи забезпечення виконання і контролю точності відповідальних поверхонь

Позначення	Технічна умова	Спосіб виконання	Спосіб контролю
1	2	3	4
3	Точність поверхні по 10-му кв. і шорсткість $R_a = 2,5$ мкм	Свердління з наступним зенкеруванням	Зразки шорсткості, калібри, спеціальний пристрій
...	...	...	...
...	...	...	...

1.3 Встановлення рівня технологічності деталі

Розрізняють декілька рівні технологічності виробу, для технології оброблення доцільно розглянути рівень технологічності по точності обробки і шорсткості поверхонь [2].

Рівень технологічності конструкції по точності обробки характеризується коефіцієнтом точності

$$K_{T,ч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (1.1)$$

де T_{cp} – середнє числове значення параметра точності обробки виробу.

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{n_i}}{\sum n_i}, \quad (1.2)$$

де T – числове значення параметра точності обробки (квалітет) згідно креслення;

n_i – число розмірів відповідного класу точності.

Рівень технологічності по шорсткості поверхні оцінюється коефіцієнтом шорсткості

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (1.3)$$

де $Ш_{cp}$ – середнє числове значення шорсткості поверхонь виробу.

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.4)$$

де $Ш$ – числове значення параметра шорсткості згідно креслення;

n_i – кількість поверхонь з відповідним числовим значенням параметра шорсткості.

За результатами необхідно сформулювати висновок про технологічність конструкції деталі. Чим ближче значення відповідного коефіцієнта до 1 – тим вища технологічність конструкції виробу.

1.4 Аналіз доцільності вибору матеріалу

У даному підрозділі доцільно встановити марку матеріалу, який використовується для виготовлення деталі, область його використання та зробити висновок про необхідність заміни, у разі необхідності та з відповідним обґрунтуванням, на більш технологічний. Можна представити хімічні і механічні властивості обраного матеріалу у вигляді таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічні та механічні властивості матеріалу

Марка матеріалу	Вміст основних хімічних елементів						
	C, %	Mn, %	Si, %	S, %	P, %	Cr, %	Ni, %
				не більше			
	Основні механічні властивості						
	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ	

2 Тема 2. Структура технологічних процесів

Мета заняття: набути навичок розробки і встановлення структури технологічних процесів механічної обробки і складання.

Вихідні дані: основними вихідними даними є креслення деталі, технічні умови на виготовлення виробу.

Завдання до виконання: згідно свого індивідуального варіанту провести вибір технологічних баз та розробку маршруту оброблення деталі.

Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі проводиться у наступній послідовності [3]:

- а) здійснюється аналіз креслення деталі;
- б) намічається послідовність обробки окремих поверхонь деталі з врахуванням якості і точності деталі;
- в) вибираються способи обробки кожної з поверхонь деталі, встановлюється кількість робочих ходів;
- г) із робочих ходів формуються операції і вибирається устаткування;
- д) призначаються чорнові, чистові і технологічні бази.

Методика розробки плану технологічного процесу полягає у:

- вивченні робочого креслення деталі:

а) для встановлення приблизного обсягу необхідної механічної обробки, а також головний типаж необхідних верстатів (по типу деталі: вал, диск, площинна деталь, корпус і т.д.);

б) щодо наявності складних поверхонь, що вказує на необхідність використання тих або інших верстатів певного призначення (зубообробних, копіювальних і т.д.);

в) про наявність у технічних умовах термічної або термохімічної обробки, що дозволяє встановити необхідність цієї обробки у технологічному процесі і відповідно про те, чи вимагає вона поділу процесу на етапи;

г) для ознайомлення із заданою точністю обробки відповідальних поверхонь деталі. Наприклад, чи обточувати поверхню на токарному верстаті або ж, через велику вагу деталі, краще – на карусельному; чи шліфувати точний отвір на внутрішньошліфувальному верстаті або ж, через громіздкість деталі, застосувати метод і верстат, які не вимагають обертання деталі, наприклад, хонінгування і т.д. Одночасно з цим виявляється і потреба в спеціальних пристосуваннях і інструментах для цієї обробки.

Таким чином, вивчення робочого креслення деталі дозволяє вибрати методи і засоби остаточної обробки кожної відповідальної поверхні. Те ж саме справедливо для будь-якої поверхні деталі, тобто і для кожної з вільних поверхонь.

У свою чергу, кожна точна остаточна обробка (операція) вимагає певної попередньої обробки поверхні. Наприклад, отвір 2-го класу точності із шорсткістю поверхні, що відповідає восьмому класу, можна одержати розвертанням, але спочатку необхідно зробити свердління, зенкерування і чорнове розвертання. Таким чином, знаючи для кожної основної поверхні

необхідну остаточну обробку (операцію), можна вибрати методи і засоби для її попередньої обробки. Як правило, ця попередня обробка не може бути виконана за одну операцію (наприклад, точному шліфуванню повинні передувати чорнове точіння, чистове точіння і чернове шліфування), тобто попередня обробка розподіляється на декілька рівних операцій.

Знаючи зміст процесу, можна формулювати етапи процесу. При цьому особливу роль відіграють поверхні з найбільшою кількістю операцій (головні поверхні). У етап групуються однорідні (по припуску, режимам, точності) операції різноманітних основних і допоміжних поверхонь. Через різноманітну кількість операцій, що передбачаються для різноманітних поверхонь деталі, в одному етапі виявляються операції різного виду. Наприклад, чорнові для більш точних поверхонь разом із чистовими для менше точних. Маючи етапи процесу, можна вирішувати завдання про доцільний ступінь концентрації операцій, тобто формулювати операції процесу.

Формуючи з окремих обробок операції, об'єднують в одній операції обробку декількох поверхонь незалежно від того, які це поверхні – основні або допоміжні. Важлива лише однорідність обробки і бажана ступінь концентрації. З розподілом змісту процесу по операціях стає визначеним як зміст кожної операції, так і кількість операцій у процесі.

У технологічному процесі повинен бути не лише встановлений зміст операцій та їхня кількість, але також послідовність (порядок) виконання операцій. При встановленні послідовності операцій варто керуватися наступними моментами:

1. Чорнова операція повинна передувати більш точній операції, тобто першими по ходу обробки варто приймати ті операції, при виконанні яких знімаються найбільші прошарки металу. Це диктується тим, що при знятті зовнішніх найбільших шарів металу легше виявляються дефекти заготовки (тріщини в поковках, раковини і неметалічні включення у виливках) і звільняються внутрішні напруги, що виникають при виготовленні заготовки. Після чого зменшується величина короблення деталі при виконанні наступних операцій.

2. Оздоблювальні операції варто відносити до кінця процесу. При цьому зменшується можливість ушкодження чисто оброблених поверхонь, зміни їх розмірів і положення відносно інших поверхонь.

3. Операції, при виконанні яких очікується одержання підвищеного браку через дефекти металу, доцільно відносити ближче до початку процесу.

4. У першу чергу варто обробляти ті поверхні, що у найменшому ступені зменшують жорсткість деталі.

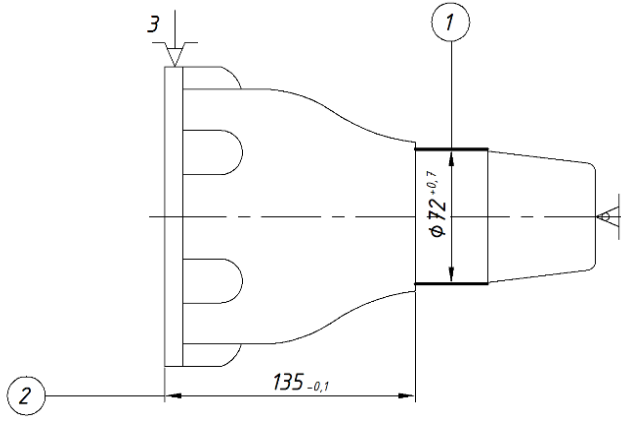
5. Контрольні операції плануються:

- а) після закінчення кожного етапу обробки;
- б) перед операціями, виконуваними іншими цехами;
- в) перед трудомісткими і відповідальними операціями (підготовка базових поверхонь і т.п.);
- г) після закінчення обробки.

З моменту, коли встановлена послідовність виконання операцій починає існувати структура технологічного процесу. При розробці структури процесу зміст операцій у подробицях зазвичай не встановлюють. Обмежуються тільки операційними ескізами обробки, на яких показують бази і поверхні, які беруть участь у обробці.

Результати складання маршруту оброблення деталі доцільно представити у вигляді таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Маршрут оброблення деталі

Назва операції, переходу, суть операції	Застосовуване обладнання
1	2
005 Токарна 1. Проточити поверхню в розмір 1, 2	Багаторізцевий токарний напівавтомат мод.1A720
	
...	...

3 Тема 3. Вибір обладнання для технологічних процесів

Мета заняття: набути практичних навичок вибору типу і розрахунку кількості одиниць обладнання для забезпечення технологічних процесів.

Вихідні дані: основними вихідними даними є тип виробу, режим роботи, річна програма випуску, маса і трудомісткість механічної обробки виробу.

Завдання до виконання: згідно свого індивідуального варіанту (див. додаток Б) провести: уточнення типу і організаційної форми виробництва, встановлення трудомісткості робіт та вибір типу металорізального обладнання з розрахунком площі ділянки.

3.1 Уточнення типу виробництва

Для уточнення типу виробництва переважно використовують коефіцієнт закріплення операцій. При укрупненому проектуванні тип виробництва орієнтовно можна визначити в залежності від програми випуску і маси виробів, які виготовляються, за даними наведеними в таблиці 3.1 [4].

Таблиця 3.1 – Орієнтовні дані для вибору типу виробництва

Тип виробництва	Річна програма випуску виробів		
	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
Середньoserійне	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. Потоковий 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.

3.2 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 середньoserійного 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 [5]:

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

3.3 Вибір типу металорізального обладнання з розрахунком площі дільниці

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:

$$C_{\text{заг}} = \frac{T_M}{F_{\text{д}} \cdot k_3}, \quad (3.1)$$

де T_M – трудомісткість механічної обробки річного випуску виробів, верстато-годин;

$F_{\text{д}}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год. (таблиця 3.2) [4];

k_3 – середній коефіцієнт завантаження обладнання по цеху або дільниці приймають для масового і крупносерійного виробництва 0,7; для серійного 0,8; для дрібносерійного і одиничного 0,85 [5].

Таблиця 3.2 – Дійсний річний фонд часу роботи обладнання

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 проєктування [5]. Розподіл обладнання з достатньою для навчальних цілей точністю можна виконати за даними таблиць (додаток А) [4].

Виробничу площу механічного цеху або дільниці укрупнено підраховують за нормативними показниками площі. Основним показником для визначення загальної площі дільниці 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 м², для середніх (масою 1...10 т., позначення С) – 18-22 м², для крупних (масою 10...20 т., позначення К) – 22-30 м², для особливо крупних (масою від 30 т. і вище, позначення ОК) – 30-100 м² за даними [5].

Результати розрахунків оформляють у вигляді таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розподіл верстатів за типами та необхідна площа

№ з/п	Назви верстатів	Процентне відношення до загальної кількості	Кількість верстатів	Питома площа на один верстат, м ²	Необхідна площа, м ²
1	...				
2	...				
...	...				
	Всього				

4 Тема 4. Ресурсне забезпечення технологічного процесу

Мета заняття: набути практичних навичок визначення кількісного складу працюючих механоскладального цеху за категоріями, кількості робочих місць, вибору типорозмірів вантажопідйомних і транспортних засобів, розрахунку їх кількості.

Вихідні дані: основними вихідними даними є кількість основних верстатів, тип обладнання механічного цеху, обладнання складального цеху, режим роботи, трудомісткість складальних робіт, тип виробництва, тривалість робочого тижня, маса виробу, річна програма випуску.

Завдання до виконання: згідно свого індивідуального варіанту (додаток В) провести: розрахунок кількісного складу працюючих механоскладального цеху за категоріями, кількості робочих місць; вибір типорозмірів вантажопідйомних і транспортних засобів, розрахунок їх кількості.

4.1 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 [4].

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

$$P_B = \frac{C_{II} \cdot F_{\partial} \cdot k'_3}{F_{\partial p} \cdot k_6}, \quad (4.1)$$

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

F_{∂} – 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. [5];

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 багатоверстатного 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 [5]).

Результати заносять у відомість складу працюючих (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Відомість складу працюючих на механічній дільниці

№ п/п	Категорії працюючих	Спосіб визначення	Процентне відношення	Кількість, чол.
1	2	3	4	5
1.	Виробничі робітники а) верстатники б) слюсарі	за формулою (4.1) % від верстатників	... %	
2.	Всього виробничих робітників	сума верстатників і слюсарів	—	
3.	Допоміжні робітники	% від виробничників	... %	
4.	Загальна кількість робітників	сума виробничих і допоміжних	—	
5.	МОП	% від загальної кількості робітників	... %	
6.	ІТП	— // —	... %	
7.	ЛКП	— // —	... %	
8.	Всього працюючих	сума п. № 4, 5, 6, 7	—	

4.2 Визначення кількості робочих місць

Оскільки у механічному відділенні один робітних-верстатник може обслуговувати декілька одиниць металорізального обладнання, що визначається коефіцієнтом багатостатного 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 [4]:

$$M_{СК} = \frac{T_{СК}}{F_{\partial 1} \cdot K_1 \cdot k_{с.з}}, \quad (4.2)$$

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

$F_{\partial 1}$ – дійсний річний фонд часу робочого місця, год.;

K_1 – середня щільність роботи, $K_1 = 1,2-1,8$ [5];

$k_{с.з}$ – середній коефіцієнт завантаження робочого місця, $k_{с.з} = 0,75-0,85$ [5].

Дійсний річний фонд часу робочого місця може бути визначений за даними таблиці 4.2 або рекомендаціями [5].

Таблиця 4.2 – 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

4.3 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 [5]. Кількість працюючих інших категорій визначається аналогічно як для механічного відділення.

Необхідну кількість виробничих робітників складального відділення визначають за формулою [4] і результати оформляють у вигляді таблиці 4.3:

$$P_{CK} = \frac{T_{CK}}{F_{\partial p}}, \quad (4.3)$$

де T_{CK} – трудомісткість складальних робіт, людино-годин;
 $F_{\partial p}$ – дійсний річний фонд часу роботи робітників, год.

Таблиця 4.3 – Відомість складу працюючих на складальній дільниці

№ п/п	Категорії працюючих	Спосіб визначення	Процентне відношення	Кількість, чол.
1	2	3	4	5
1.	Виробничі робітники	за формулою (4.3)	—	
2.	Допоміжні робітники	% від виробничників	... %	
3.	Загальна кількість робітників	сума виробничих і допоміжних	—	
4.	МОП	% від загальної кількості робітників	... %	
5.	ІТП	— // —	... %	
6.	ЛКП	— // —	... %	
7.	Всього працюючих	сума п. № 3, 4, 5,6	—	

При укрупненому проєктуванні 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 м² [5].

4.4 Визначення кількості наземного транспорту

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

Кількість транспортних і вантажопідійомних засобів, необхідних для своєчасного забезпечення дільниць 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 [5]:

$$E = \frac{Q \cdot k_H \cdot T_{\text{ПР}}}{Q_E \cdot k_B \cdot F_{\partial, m} \cdot 60}, \quad (4.4)$$

де Q – річний вантажообіг, т. ($Q = M_{\Sigma}$);

M_{Σ} – маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску, т. Маса матеріалу і заготовок річного об'єму випуску рівна сумі маси виробу і маси відходів (стружки), яка приймається 10-15% маси виробу помножених на програму випуску.

k_H – коефіцієнт нерівномірності виконання рейсів, $k_H = 1,25$ [5];

k_B – коефіцієнт використання вантажопідйомності, $k_B = 0,8$ [5];

$F_{\partial.m}$ – дійсний річний фонд часу роботи транспортного засобу, год. ($F_{\partial.m} = F_{\partial.p}$ – дійсний річний фонд часу роботи робітників);

Q_E – вантажопідйомність одного транспортного засобу [4];

$T_{\Pi P}$ – загальний час пробігу одиниці транспортного обладнання, хв.

Загальний час пробігу транспортного засобу:

$$T_{\Pi P} = T_{\Pi} + T_3 + T_P + T_B, \quad (4.5)$$

де T_{Π} – 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_{Π}), хв.

Час пробігу транспортного засобу в обидва кінці рівний

$$T_{\Pi} = 2L/V, \quad (4.6)$$

де L – середня відстань при маршрутних перевезеннях, м. [5].;

V – середня технічна швидкість транспортного засобу, м/хв. [5].

4.5 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 [5]:

$$K = \frac{N_{3M} \cdot i \cdot T_{KP}}{m_{\partial} \cdot T_{3M}}, \quad (4.7)$$

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

$$N_{3M} = \frac{N}{n \cdot \Phi}, \quad (4.8)$$

де N – програма випуску, шт.,

n – кількість змін;

Φ – 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_{∂} – кількість деталей, що переміщуються одночасно (залежить від технічних характеристик прийнятого обладнання).

Загальний час пробігу крана:

$$T_{KP} = T_{ПК} + T_{ЗК} + T_{РК} + T_{ВК}, \quad (4.9)$$

де $T_{ПК}$ – час пробігу крана, хв.;

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

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

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

Час пробігу крана рівний

$$T_{ПК} = L_K / V_K, \quad (4.10)$$

L_K – середня довжина пробігу крана, м. [5];

V_K – середня швидкість руху крана, м/хв. [5].

5 Тема 5. Розробка допоміжних виробництв

Мета заняття: набути практичних навичок розрахунку і встановлення необхідних площ допоміжних виробництв і складання відомості площ механоскладального цеху.

Вихідні дані: основними вихідними даними є форма виробництва, тип виробництва, кількість основних металорізальних верстатів, виробнича площа цеху, маса виробу, програма випуску, габарити деталей і кількість виробничих робітників.

Завдання до виконання: згідно свого індивідуального варіанту (додаток Г) провести розрахунок необхідних площ допоміжних відділень і скласти відомості площ механоскладального цеху.

5.1 Заточне відділення

Заточне відділення організовують при кількості верстатів у 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 м² на один верстат.

5.2 Цехова ремонтна база (ЦРБ)

У невеликих цехах, в яких є менше 100 верстатів, організовувати 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 м² 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.

5.3 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 5.1) або рекомендацій [4].

Таблиця 5.1 – Нормативні дані для визначення площі відділення відведення та переробки стружки

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

5.4 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 5.2). Також в проєкті механоскладального цеху передбачають склади масел. Площу складу масел приймають рівною 10-20 м² [1].

Таблиця 5.2 – Нормативні дані для визначення площі відділення для приготування та роздачі МОР

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

5.5 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 м² на одного контролера [4].

5.6 Системи електропостачання, стисненого повітря та мікроклімату

Для забезпечення обладнання електроенергією в цехах передбачають по одній трансформаторній підстанції на кожні 5000 м² виробничої площі, які розташовують на відстані 75...100 м одна від одної. Площа приміщень підстанцій становить 50 м² [1].

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

$$S_K = (0,006...0,008) \cdot S_B, \quad (5.1)$$

де S_B – виробнича площа цеху, м².

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

$$S_{ВЕНТ} = (0,005...0,0075) \cdot S_B. \quad (5.2)$$

5.7 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 [4]:

$$S_{CЗ} = \frac{M_{\Sigma} \cdot t}{260 \cdot q \cdot k_B}, \quad (5.3)$$

де M_{Σ} – 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. 5.3);

q – середнє допустиме навантаження на 1 м² корисної площі підлоги (вантажонапруженість), при способі зберігання матеріалів і заготовок в штабелях приймають $q = 1,2...1,4$ т/м², на стелажах – 2...7 т/м² в залежності від висоти штабелювання;

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

Таблиця 5.3 – 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:

$$S_{IP} = \frac{M_{\Sigma} \cdot t_3}{260 \cdot q \cdot k'_B}, \quad (5.4)$$

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

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

q – середня вантажнапруженість 1 м^2 , $q = 1-4 \text{ т/м}^2$ [4];

k'_B – коефіцієнт використання площі складування, $k'_B = 0,25-0,30$ [4].

Таблиця 5.4 – 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.

5.8 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 $25...30 \text{ м}^2$ на одиницю [4].

5.9 Визначення загальної площі механоскладального цеху

За результатами розрахунку площ всіх відділень цеху складається відомість площ цеху за відповідною формою (таблиця 5.5) з врахуванням, що магістральні проїзди складають 12...15 % від площі всіх відділень цеху [4].

Таблиця 5.5 – Відомість площ механоскладального цеху

№ п/п	Назва відділення	Площа, м ²
1	2	3
1.	Механічне	
2.	Заточне	
3.	Цехово-ремонтна база	
4.	Відведення та переробки стружки	
5.	Приготування МОР, склад масел	
6.	Пункти відділу технічного контролю	
7.	Системи електропостачання, стисненого повітря та забезпечення мікроклімату	
8.	Склад заготовок	
9.	Заготівельне	
10.	Площа цеху	
11.	Магістральні проїзди (... %)	
12.	Загальна площа цеху	

5.10 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].

6 Тема 6. Компонування машинобудівного виробництва

Мета заняття: набути практичних навичок щодо компонування виробничих і допоміжних відділень на площі цеху.

Вихідні дані: основними вихідними даними є площа механоскладального цеху, маса виробу, площа службово-побутових приміщень, відстань між магістральними проїздами цеху. Додатковими: відомість площ цеху.

Завдання до виконання: згідно свого індивідуального варіанту (додаток Д) призначити розміри уніфікованих типових секцій (УТС), вибрати розміри прольоту та накреслити схему вибору сітки колон механоскладального цеху, службово-побутових приміщень і їх поперечні перерізи.

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 (72x72), 10368 (144x72), 15552 (144x72 + 72x72), 20736 м² (144x72 + 72x72) і т.д. Стандартні УТС рекомендовано використовувати, 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 із стандартного ряду 18, 24, 30 або 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 компонувальні плани цехів виконують в масштабі 1:100, 1:200. В окремих випадках допускається використання інших масштабів відмінних від типових. На плані наносять координатні осі, які продовжують за контур зображення і закінчують колами, в яких проставляють марки (позначення) осей. Горизонтальні осі будівлі на плані позначають знизу вгору по осі ординат великими буквами українського алфавіту крім букв З, І, Й, О, Х, Ї. Вертикальні осі рядів колон нумерують зліва на право по осі абсцис послідовно арабськими цифрами.

Розмітку меж цеху і його відділень проводять на основі заданих даних про їх площі або на основі попереднього розрахунку цих площ.

Згідно прийнятого масштабу на компонувальному плані згідно прийнятих умовних позначень [6] відмічають основні стіни, межі між відділеннями і ділянками, 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, ділянок і їх площі. Особливу увагу слід звернути на дотримання масштабу. При розробці компонувального плану повинні бути враховані такі загальні вимоги: прямоточність виробничого процесу, найкращі шляхи руху продукції на протязі процесу виробництва, розташування ділянок з шкідливими виділеннями і небезпечних в пожежному відношенні біля зовнішніх стін будівлі.

Значення висоти прольоту цеху H приймають виходячи із його ширини, максимальної висоти обладнання, мінімальної відстані між обладнанням та вантажем, а також типу кранового обладнання [5, 6]. Рекомендований масштаб поперечного перерізу прольоту цеху 1:50 або 1:100.

Для уявлення послідовності етапів розробки компонувального плану механоскладального цеху доцільно ознайомитися із матеріалами практичного заняття №6 на курсі системи АТьютор.

7 Тема 7. Планування розміщення засобів виробництва на дільниці

Мета заняття: набути практичних навичок щодо планування розміщення засобів виробництва на дільниці цеху.

Вихідні дані: основними вихідними даними, для планування розміщення виробничих засобів, є застосовувані операції технологічного процесу, їх послідовність, кількість задіяного обладнання і виробничих робітників.

Завдання до виконання: згідно свого індивідуального варіанту (додаток Е) розробити план розміщення обладнання на дільниці механічної обробки.

При розробці планів розміщення обладнання і робочих місць на дільниці повинні бути враховані такі основні вимоги [5]:

- обладнання в цеху слід розміщувати у відповідності з прийнятою організаційною формою технологічних процесів;
- розташування обладнання, проходів і проїздів повинно гарантувати зручність і безпеку роботи, можливість монтажу і демонтажу обладнання, зручність подавання матеріалів і інструментів, прибирання відходів;
- планування обладнання повинно бути узгоджено з підйомально-транспортними засобами, які використовуються;
- при розробці планування повинна бути раціонально використана не тільки площа, але й весь об'єм цеху і корпусу.

Для виконання технологічного планування обладнання на кресленні компонувальної схеми додатково наносять умовні позначення:

- основного, допоміжного, підйомно-транспортного устаткування, у тому числі конвеєрів всіх типів і додаткового устаткування, із зазначенням порядкового номера по специфікації, відомості специфікації;
- робочі місця біля устаткування, допоміжні робочі місця, робочі місця багатоверстатників і маршрути обслуговування ними устаткування;
- складальні майданчики і резервні місця під устаткування, майданчики для складування матеріалів, напівфабрикатів або виробів;
- місця підведення інженерних мереж (електроенергії, стисненого повітря, газів, рідин, емульсій тощо).

На кресленнях технологічних планувань у першу чергу необхідно зобразити габарити устаткування і робочі місця біля цього устаткування. Такій роботі найчастіше передують темплетне макетування. Для макетування планувань необхідно мати на увазі, що, крім простих робочих місць, які передбачають

одну одиницю технологічного устаткування і одне робоче місце, у практиці технологічного проектування досить часто зустрічаються складні робочі місця. Це робочі місця багатOVERSTATників, робочі місця бригад і комплексні робочі місця з декількох одиниць технологічного устаткування, зв'язаних загальним транспортним пристроєм, наприклад промисловим роботом.

Норми, тобто граничні відстані між технологічним устаткуванням, верстатами і елементами будівель, ширини проходів, проїздів та інші обмеження відносного розташування об'єктів на макетах устаткування і кресленнях технологічних планувань регламентують правила техніки безпеки та промислової санітарії.

Названі норми відстаней залежать від габаритів устаткування. Їх задають від крайніх положень рухомих частин устаткування, наприклад від крайніх точок столів, що переміщуються, від постійних огорожень або бар'єрів робототехнічних комплексів або від інших крайніх частин, що виступають, у тому числі фундаментів устаткування.

У норми розташування входять місця для розміщення організаційно-технічного оснащення, зони для складування заготовок біля устаткування. Завантажувальні і розвантажувальні майданчики на початку та кінці потокових ліній, так само як і складальні майданчики для великогабаритних деталей, передбачають окремо. У всіх випадках ширина робочої зони біля верстата становить 800 мм. Робоче місце зображують колом діаметром 500 мм у відповідному масштабі [6].

Норми відстаней між технологічним устаткуванням можна визначити за схемами відносного розташування устаткування.

Як загальні зауваження з використання названих нормативів слід зазначити, що при різних розмірах двох розташованих поряд верстатів відстані між ними приймають за більшим значенням нормативу. У випадку обслуговування верстатів мостовими або іншими підвісними кранами відстані від стін і колон до верстатів приймають із урахуванням можливостей обслуговування технологічного устаткування при крайньому положенні гака крана.

Верстати допускається встановлювати впритул до стін або збирати в блоки. Преси встановлюють по нормативах відстаней, величина яких залежить від зусилля преса та наявності фундаменту [7, 8].

У ході виконання плану розташування обладнання слід виконати усі можливі принципи компоновання виробничих підрозділів, а також мінімізувати не лише необхідні виробничі площі, але й вантажообіг, виконати вимоги сумісності суміжних виробничих підрозділів, наприклад за критеріями пожежо- і вибухобезпеки, рівнем шуму, екологічними умовами та іншими технічними вимогами організації сучасного виробництва.

Цехові плани розміщення обладнання виконують у масштабах 1:200 або 1:100, а плани окремих ділянок – в масштабі 1:50. При цьому всі планування виконують у відповідності з компоновальним планом і з тими ж позначеннями осей. На планах вказують: колони будівель, стіни зовнішні і внутрішні, перегородки, ворота, двері, вікна, тамбури біля воріт і дверей, залізничні вводи

в корпус, рейкові шляхи для цехового транспорту, основні тунелі і канали, а також люки, трапи, все технологічне, контрольно-випробувальне, підйомально-транспортне обладнання, стелажі, місця складування заготовок і напівфабрикатів, резервні місця під обладнання, проходи і проїзди, розташування підвалів, антресолей і прохідних каналів з вказанням їх висотних відміток.

Технологічне обладнання на планах зображується контурно з урахуванням крайніх положень рухомих частин, дверей, які відкриваються і відкидних кожухів, а також використання довгомірних заготовок. Поза контуром обладнання умовними позначеннями наносяться: місця розташування робітників, точки підводу енергоносіїв, стиснутого повітря і т.п.

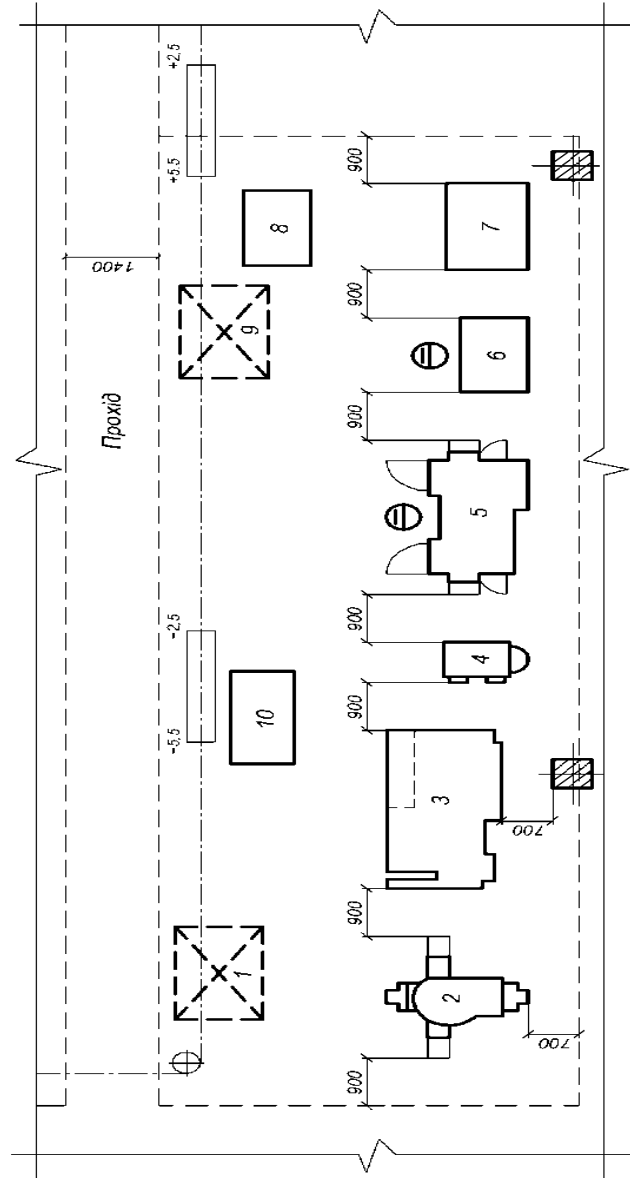


Рисунок 7.1 – Приклад плану розміщення обладнання на дільниці механічної обробки: 1 – місце складування заготовок; 2 – вертикально-фрезерний мод.6Н10; 3 – токарний багаторізцевий півавтомат мод.1А720;

4 – вертикально свердлильний мод.2С132; 5 – круглошліфувальний мод.3М151; 6 – слюсарний верстак; 7 – промивочна машина М2А; 8 – стіл для контролю ПР1460; 9 – місце складування деталей; 10 – інструментальна шафа

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технологія машинобудування: посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: навчальний посібник / І. І. Юрчишин та ін. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 528 с.
2. Григурко І. О., Брендюля М. Ф., Доценко С. М. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування): навчальний посібник. Львів: Новий світ. 2006. 576 с.
3. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів в машинобудуванні. Київ, Вища школа, 1993. 414 с.
4. Комар Р.В., Окіпний І.Б., Сенчишин В.С. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Проектування машинобудівних виробництв» зі спеціальності 131 Прикладна механіка для підготовки освітнього рівня «магістр» / Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя. 2022. 42 с.
5. Комар Р.В., Барановський В.М., Окіпний І.Б. Посібник з дисципліни «Проектування машинобудівних виробництв» для здобувачів освітнього рівня магістр за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. 140 с.
6. Когут М. С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні : підручник / Львів : ДУ «Львівська політехніка», 2000. 352 с.
7. 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.
8. Джур Є. О. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина : навч. посіб. / Є. О. Джур, О. В. Бондаренко. Донецьк : «Інновація», 2011. 109 с.

Додаток А

Приблизний склад обладнання по окремих механічних цехах

Таблиця А1 – Приблизний склад обладнання автомобільних заводів у % 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 А2 – Приблизний склад обладнання механічних цехів верстатобудівних заводів у % 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 напівавтомати	—	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 напівавтомати	15	20	22	25	23
Відрізні	1	1	2	3	1,5
Інші	2,5	1,5	—	0.5	—

Додаток Б

Варіанти завдань до практичного заняття теми 3

№ вар.	Виріб, який виготовляється	Режим роботи, змін	Програма випуску, шт./рік	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-свердлильний верстат	II	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
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 В

Варіанти завдань до практичного заняття теми 4

№ 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.	Маса виробу, т	Річна прог-ма випуску, шт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
01	156	МРВ до 10 т	Роб. місце склад.-ника	I	204000	одинич.	36	3,6	85
02	210	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	27500	серійне	41	0,2	500
03	168	МРВ з ЧПК від 10 т	Складальне автоматич. обладнання	III	2115000	крупно сер.	36	4,2	900
04	255	МРВ від 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	30000	дрібно сер.	41	0,15	200
05	286	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	2925000	серійне	36	5,3	1500
06	125	Агрегатні верстати	Складальне автоматич. обладнання	III	5100000	масове	41	0,02	60000
07	320	МРВ до 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	315000	одинич.	36	6,0	90
08	450	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	2700000	серійне	41	0,05	30000
09	535	МРВ з ЧПК від 10 т	Складальне автоматич. обладнання	III	6840000	крупно сер.	36	5,1	3800
10	640	МРВ від 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	3700000	дрібно сер.	41	0,03	20000
11	560	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	1060000	серійне	36	6,5	400
12	200	Агрегатні верстати	Складальне автоматич. обладнання	III	42500000	масове	41	0,35	50000
13	400	МРВ до 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	2040000	одинич.	36	1,3	2400
14	500	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	11250000	серійне	41	0,14	25000

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	295	МРВ з ЧПК від 10 т	Складальне автоматич. обладнання	III	553000	крупно сер.	36	3,8	350
16	378	МРВ від 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	3800000	дрібно сер.	41	0,015	20000
17	269	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	542700	серійне	36	12,3	670
18	950	Агрегатні верстати	Складальне автоматич. обладнання	III	520000	масове	41	2,0	400
19	330	МРВ до 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	3491250	одинич.	36	0,25	7350
20	626	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	1575000	серійне	41	3,7	750
21	800	МРВ з ЧПК від 10 т	Складальне автоматич. обладнання	III	270000	крупно сер.	36	0,012	2000
22	274	МРВ від 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	240000	дрібно сер.	41	8,0	50
23	468	МРВ з ЧПК до 10 т	Складальне напівавтом. обладнання	II	4675000	серійне	36	0,11	55000
24	805	Агрегатні верстати	Складальне автоматич. обладнання	III	5600000	масове	41	3,1	3500
25	314	МРВ до 10 т	Роб. місце склад.-ника з мех. прис.	I	1750000	одинич.	36	0,012	10000

Додаток Г

Варіанти завдань до практичного заняття теми 5

№ вар.	Форма вироб.-ва	Тип вироб.-ва	К-кість МРВ, шт.	Виробни-ча площа, м ²	Маса виробу, т	Програма випуску, шт.	Габарити деталей	К-кість вир.-ків, чол.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
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 Д

Варіанти завдань до практичного заняття теми 6

№ варіанту	Розрахункова площа механоскладального цеху, м ²	Маса виробу, т	Площа службово- побутових приміщень, м ²	Відстань між магістральними проїздами цеху, м
1	2	3	4	5
01	6325	3,6	1582	36
02	11255	2,2	2814	42
03	17886	4,2	4475	60
04	18564	4,1	4641	72
05	7444	5,3	1861	84
06	12234	1,2	3059	96
07	14677	6,0	3669	108
08	19000	3,5	4750	120
09	7004	5,1	1751	132
10	9321	4,0	2330	144
11	13675	6,5	3419	156
12	12345	2,3	3086	168
13	6443	1,3	1611	180
14	8368	8,1	2092	192
15	12112	3,8	3028	204
16	17544	1,5	4386	90
17	12000	12,3	3000	102
18	14332	2,0	3583	114
19	16333	3,0	4083	126
20	18666	3,7	4667	138
21	6500	1,7	1625	150
22	11000	8,0	2750	162
23	12120	2,1	3850	174
24	18500	3,1	4625	186
25	8200	3,2	5670	198

Додаток Е

Варіанти завдань до практичного заняття теми 7

№ варіанту	Послідовність операцій ТП	Кількість обладнання, шт.	Кількість працівників
1	2	3	4
01	горизонтально-фрезерна горизонтально-протяжна вертикально-свердлильна плоскошліфувальна	1 1 1 1	3
02	токарна круглошліфувальна вертикально-свердлильна вертикально-фрезерна протяжна	1 1 2 1 1	5
03	горизонтально-фрезерна радіально-свердлильна токарна з ЧПК круглошліфувальна	1 2 1 1	4
04	горизонтально-фрезерна токарна вертикально-свердлильна різбонарізна	1 1 1 3	5
05	токарна вертикально-свердлильна вертикально-фрезерна різбонарізна	1 1 1 3	5
06	вертикально-свердлильна горизонтально-фрезерна радіально-свердлильна токарна з ЧПК круглошліфувальна	1 1 1 1 1	5
07	токарна з ЧПК вертикально-фрезерна радіально-свердлильна круглошліфувальна	1 1 1 1	5
08	фрезерна вертикально-свердлильна токарна з ЧПК	2 1 1	3
09	токарна вертикально-свердлильна різбонарізна вертикально-фрезерна	1 1 1 1	4
10	вертикально-фрезерна токарна вертикально-свердлильна круглошліфувальна	1 1 1 1	5
11	токарна вертикально-свердлильна вертикально-фрезерна горизонтально-протяжна	1 1 1 1	6

1	2	3	4
12	токарна вертикально-свердлильна вертикально-фрезерна різбонарізна	2 1 1 1	6
13	токарна з ЧПК вертикально-свердлильна вертикально-фрезерна різбонарізна	1 1 1 1	5
14	вертикально-фрезерна горизонтально-фрезерна вертикально-свердлильна токарна	1 1 3 1	6
15	фрезерна токарна вертикально-свердлильна різбонарізна	1 1 1 1	5
16	вертикально-фрезерна вертикально-свердлильна токарна круглошліфувальна	1 1 1 1	5
17	токарна з ЧПК фрезерна вертикально-свердлильна	2 1 1	2
18	токарна з ЧПК фрезерна зубонарізна	1 2 1	5
19	токарна вертикально-свердлильна вертикально-фрезерна	2 2 1	6
20	токарна ЧПК токарна фрезерна ЧПК вертикально-свердлильна	1 1 1 1	6
21	токарна ЧПК свердлильна горизонтально-фрезерна шліфувальна	1 1 1 2	6
22	фрезерна токарна радіально-свердлильна шліфувальна	2 1 1 1	6
23	фрезерна ЧПК радіально-свердлильна токарна з ЧПК плоскошліфувальна	1 1 1 1	5
24	горизонтально-фрезерна радіально-свердлильна токарна з ЧПК круглошліфувальна	1 2 1 1	4
25	токарна з ЧПК фрезерна вертикально-свердлильна різбонарізна	1 1 2 1	4