

**Міністерство освіти і науки України**  
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

**С. Ю. Олійник**

# **МЕХАНОСКЛАДАЛЬНІ ДІЛЬНИЦІ ТА ЦЕХИ В МАШИНОБУДУВАННІ**

**Навчальний посібник**

для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
усіх форм навчання

Затверджено  
на засіданні вченої ради  
Протокол № 2 від 30.09.2021

Краматорськ  
ДДМА  
2021

УДК 621.91:658.5

О-54

**Рецензенти:**

*Анділахай О. О.*, д-р техн. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»;

*Кіяновський М. В.*, д-р техн. наук, професор, Криворізький національний університет

**Олійник, С. Ю.**

О-54 Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / С. Ю. Олійник. – Краматорськ : ДДМА, 2021. – 260 с.

ISBN 978-966-379-996-4

Посібник призначений для освоєння теоретичних методів і практичних навичок проектування механоскладальних дільниць і цехів у машинобудівному виробництві. Приведено структуру машинобудівного підприємства, послідовність і особливості проектування цехів механоскладального виробництва сучасних машинобудівних підприємств, складені завдання до практичних робіт. Приділено увагу компоувальним рішенням для цехів механоскладального виробництва і завданням технічного переозброєння й реконструкції виробництва.

УДК 621.91:658.5

© С. Ю. Олійник, 2021

© ДДМА, 2021

ISBN 978-966-379-996-4

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА .....	6
1.1 Основні напрямки в проєктуванні нових і реконструкції діючих промислових підприємств .....	6
1.2 Вихідні дані й порядок проєктування механоскладальних виробництв.....	26
1.3 Основні положення з вибору складу та кількості технологічного устаткування й чисельності працівників .....	43
1.4 Принципи й структура побудови основних виробничих процесів .....	71
1.5 Складська система, її призначення та проєктування.....	91
1.6 Транспортна система, її призначення та проєктування.....	109
1.7 Система забезпечення інструментом механоскладального виробництва, її призначення й порядок проєктування.....	123
1.8 Система ремонтного й технічного обслуговування механоскладального виробництва, її призначення та проєктування.....	136
1.9 Система контролю якості виробів, її призначення та проєктування....	156
1.10 Система охорони праці та техніка безпеки.....	167
1.11 Проєктування механоскладальних цехів .....	173
2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....	190
2.1 Практична робота 1. Принципи організації цехів у механоскладальному виробництві та їхня класифікація.....	190
2.2 Практична робота 2. Визначення виробничої програми.....	192
2.3 Практична робота 3. Визначення проєктної верстатомісткості та трудомісткості складання виробу .....	195
2.4 Практична робота 4. Визначення кількості основного виробничого обладнання.....	199
2.5 Практична робота 5. Визначення кількості працівників.....	203
2.6 Практична робота 6. Визначення площі цеху .....	205
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	211
Додаток А. Умовні позначення та правила виконання компонувальних та планувальних рішень .....	216
Додаток Б. Вихідні дані й порядок проєктування механоскладальних виробництв.....	223
Додаток В. Довідкові дані щодо вибору складу та кількості технологічного устаткування та кількості працюючих .....	226
Додаток Г. Принципи й структура побудови основних виробничих процесів. Довідкові дані .....	235
Додаток Д. Проєктування складської системи. Довідкові таблиці.....	251
Додаток Е. Проєктування системи забезпечення інструментом. Довідкові таблиці.....	254
Додаток Ж. Початкові дані за варіантами практичних робіт .....	259

## ВСТУП

У сучасному машинобудуванні в Україні та за її межами особливу увагу приділяють створенню високоефективних автоматизованих механоскладальних виробництв шляхом технічного переозброєння, а також реконструкції і розширення діючих виробництв на основі використання сучасного обладнання і способів керування всіма етапами виробничого процесу. Основним етапом створення нових та реконструкції старих діючих механоскладальних і допоміжних цехів машинобудівного профілю є їхнє проектування, що в сучасних умовах стає комплексною проблемою, яка об'єднує новітні досягнення технології машинобудування, економіки й організації виробництва, будівництва, транспорту. На проектування цеху або малого підприємства, будівництво, монтаж і повне освоєння проектної потужності йде кілька років. Скорочення термінів і трудомісткості проектування сприяє перекладу розрахункових, аналітичних та графічних робіт на спеціальні прикладні програми, наприклад Tecnomatix Plant Simulation, AutoCad та інші спеціальні САПР.

У представленому курсі поставлена мета ознайомити студентів із принципами проектування основних і допоміжних цехів механоскладального виробництва нових підприємств і підприємств після реконструкції та навчити їх відповідним навичкам.

Особливу увагу приділяють реконструкції та технічному переозброєнню діючих підприємств, оскільки кошти, які виділяють на ці дії, окупаються в середньому в три рази швидше, ніж при створенні аналогічних потужностей за рахунок нового будівництва. Реконструкція та технічне переозброєння виробництва обґрунтовані й підвищують його ефективність при дотриманні трьох умов. Перше – стан ринку має дозволяти протягом тривалого часу продавати випущену продукцію. Друге – наявність перевірених технічних рішень, які після реконструкції і технічного переозброєння гарантують підвищення технічного рівня виробництва. Третє – підприємство повинно мати повноцінні основні фонди, доцільність подальшого використання яких підтверджена як технічними, так і економічними розрахунками.

Технологічне проектування механоскладального виробництва пройшло шлях від систематизації практичного досвіду проектування до створення наукових дисциплін, що розглядають закономірності виробничого процесу виготовлення виробів на машинобудівному підприємстві з мінімальними приведеними витратами. Наукові положення з технологічного проектування механоскладального виробництва з'явилися

на початку 30-х років у роботах відомих учених: Тіме І. А., Ждановича В.Ф., Балакшина Б.С., Гавриленко П.А., Єгорова М.Е.; наприкінці ХХ століття вони були доповнені Мамаєвим В.С., Чарнко Д.В., Осіповим Є.Г., Мельниковим Г.М., Вороненко В.П., Андерсоном А.А. На їхній основі були спроектовані машинобудівні заводи із сучасним виробництвом. Найбільшими з них в Україні є: Харківський тракторний завод і танковий завод ім. Малишева, Дніпровський машинобудівний завод («Південмаш»), Запорізький і Кременчуцький автомобільні заводи, Київське машинобудівне об'єднання, Львівський автобусний завод і Завод автотранспорту, Херсонський і Тернопільський комбайнові заводи та ін.

Будівництво та розширення підприємств виконують спеціалізовані будівельно-монтажні організації, які мають відповідні ліцензії. Будівельні роботи при реконструкції і технічному переозброєнні підприємства можуть бути виконані силами ремонтно-будівельної дільниці самого підприємства.

Основою проєкту виробничої дільниці або цеху є детально розроблена технологічна частина, яка визначає провідну роль інженера-технолога в процесі проєктування механоскладального виробництва. Однак необхідність вирішення питань інших частин проєкту (будівельної, енергетичної, санітарно-технічної та ін.) вимагає від проєктувальника широкого кругозору і глибоких знань різноманітних дисциплін. Тому дисципліна «Механоскладальні дільниці і цехи в машинобудуванні» є профільною і завершальною в системі підготовки інженерів широкого профілю та базується на знаннях, отриманих упродовж освоєння дисциплін спеціальності «Прикладна механіка». Основною метою цієї дисципліни є підготовка інженерів до самостійної роботи щодо реалізації розроблених виробничих процесів під час впровадження нового обладнання, технічного переозброєння, реконструкції виробництва і створення нових цехів. Необхідність такої роботи виникає на машинобудівних підприємствах та в проєктних організаціях, які займаються плануванням виробництва, у відомствах, установах, малих або середніх підприємствах.

# 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Основні напрямки в проєктуванні нових і реконструкції діючих промислових підприємств

1. Основні поняття й визначення
2. Організаційні одиниці в механоскладальному виробництві
3. Категорії персоналу в цеху
4. Компонувальні та планувальні рішення
5. Основні завдання, які вирішуються при проєктуванні. Етапи проєктування
6. Застосування систем автоматизованого проєктування

### 1.1.1 Основні поняття й визначення

Основні поняття, сформульовані далі, відповідають державним стандартам [1]. *Виробнича система* – це цілісна множина елементів, таких як будівлі, споруди, засоби технологічного оснащення, інженерні мережі й працівники, які підпорядковані спільній меті (випуску товарної продукції) і мають упорядковані зв'язки і відносини між собою. Система споживає із зовнішнього середовища ресурси (матеріальні, енергетичні та інформаційні) і віддає в це середовище результати своєї праці й відходи. Ефективність системи оцінюють зіставленням доходу від продажу продукції і витрат, пов'язаних зі споживанням ресурсів і утилізацією відходів.

*Промислове підприємство* – це один із видів виробничих систем. У своєму створенні й розвитку підприємство проходить три основні стадії: нове будівництво; розширення; реконструкція і технічне переозброєння. При розширенні підприємства відбуваються переважно кількісні зміни, а при реконструкції і технічному переозброєнні – якісні.

Згідно з державними санітарними правилами [2] промислові підприємства відносять до п'яти класів:

- 1) заводи тільки хімічної промисловості (виробництво кислот, солей, ангідридів і т. д.);
- 2) заводи хіміко-переробної промисловості (виробництво сажі, каучуку);

3) заводи нафтопереробної промисловості (виробництво бензину, мастил, дизельного палива);

4) заводи металургійної промисловості (виробництва чорної і кольорової металургії, виготовлення литих заготовок, поковок, штамповок);

5) заводи машинобудівних та металообробних галузей промисловості (машинобудування, верстатобудування, автомобіле-, тракторобудування, енергетичного машинобудування).

У цьому курсі розглядається проектування виробничих підприємств, які відносяться до п'ятого класу.

*Будівництво підприємства* – це створення його будівель і споруд із придбанням і монтажем за затвердженим проектом засобів технологічного оснащення. Підприємство вважається введеним в експлуатацію тоді, коли воно досягло своєї проектної потужності.

*Розширення діючого підприємства* – це введення в експлуатацію других і наступних черг діючого підприємства на прилеглих до нього площах.

*Реконструкція діючого підприємства* – це зміна його структури й виробничої потужності за рахунок зміни кількості й видів виробничих дільниць і їхніх меж зі зміною технологічних процесів, видів і кількості обладнання.

Реконструкція підприємства та його дільниць виконується:

- 1) для збільшення обсягів виробництв;
- 2) організації випуску продукції нових видів;
- 3) поліпшення умов;
- 4) підвищення продуктивності праці;
- 5) зниження собівартості продукції і (або) підвищення її якості;
- 6) забезпечення вимог до охорони навколишнього середовища.

*Технічне переозброєння підприємства* – це комплекс заходів щодо підвищення технічного рівня окремих виробничих дільниць до сучасних вимог шляхом заміни обладнання зі зміною технології і організації виробництва. При цьому не передбачається зміна продукції, що випускається, її випуск ведуть спільно з будівельними роботами, пов'язаними в основному з виготовленням фундаментів обладнання.

*Механоскладальне виробництво* – це складна динамічна система, структура й параметри якої залежать від складності конструкції, номенклатури продукції, що випускається, і характеристик виробничого процесу її виготовлення. До складу механоскладального виробництва входять виробничі дільниці та допоміжні підрозділи.

Виробничим процесом у машинобудуванні називають сукупність дій, які необхідні для випуску готових виробів із напівфабрикатів [1]. Основа виробничого процесу – це *технологічний процес* виготовлення виробів, під час якого відбувається зміна якісного стану об'єкта виробництва. Для забезпечення безперебійного виконання технологічного процесу виготовлення виробів у механоскладальному виробництві слугують допоміжні процеси.

Основні етапи виробничого процесу представлені на рис. 1.1.

Різні етапи виробничого процесу на машинобудівному підприємстві можуть виконуватися в окремих цехах або в одному цеху. Орієнтовна структура машинобудівного підприємства представлена на рис. 1.2.

Виробничі процеси поділяються на *потоківі* і *непотоківі*. Під *потоківим виробничим процесом* розуміють такий процес, при якому заготовки, деталі або вироби, що складаються, у процесі їхнього виробництва знаходяться в русі, причому цей рух здійснюється з постійним тактом у розглянутий проміжок часу [1]. Це означає, що заготовка, яка надійшла на першу операцію, відразу ж після її закінчення передається на другу, після другої – на третю й т. д. до останньої операції. Час пролежування напівфабрикату між операціями дорівнює або кратний такту.

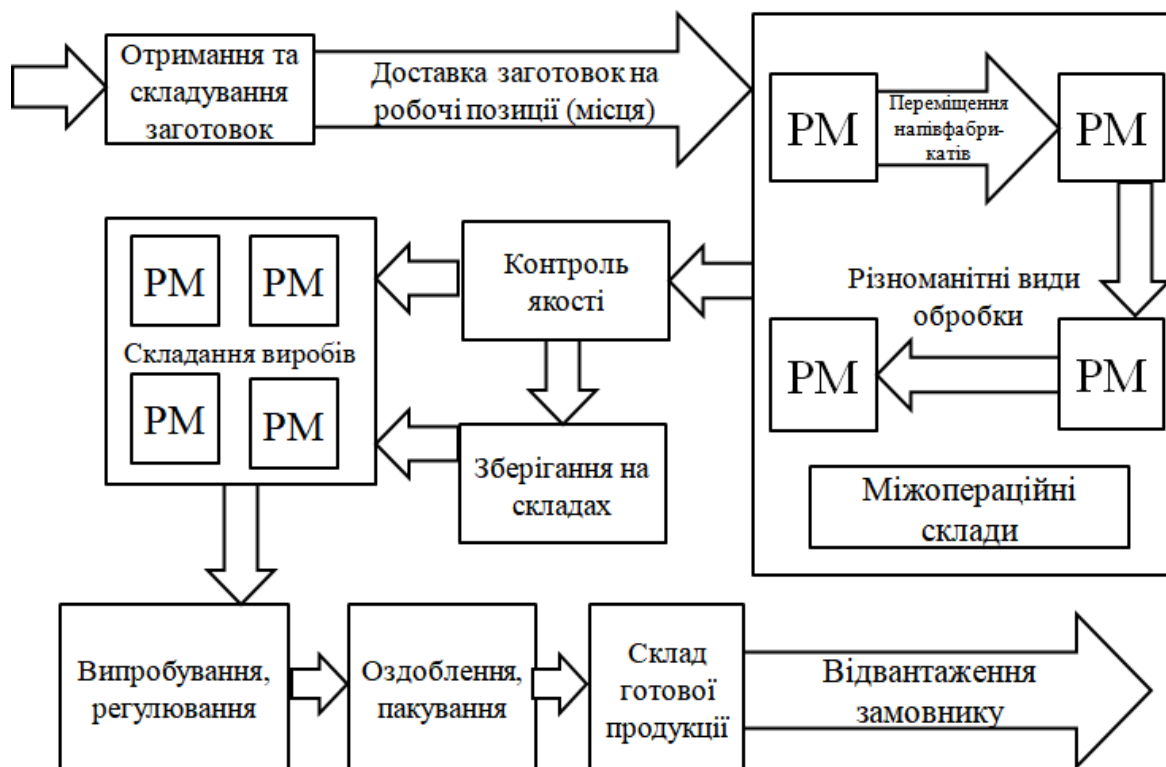


Рисунок 1.1 – Основні етапи виробничого процесу





Рисунок 1.2 – Приклад структури машинобудівного підприємства

*Непотоковий виробничий процес* – це таке виробництво, при якому напівфабрикати в процесі їхнього виготовлення знаходяться в русі з різною тривалістю операцій і пролежування між ними [1].

*Програма випуску* – це сукупність виробів встановленої номенклатури, що випускаються в заданому обсязі на рік. Кількість виробів, які потребують подальшого виготовлення в одиницю часу (рік, квартал, місяць), називають *обсягом випуску* [1].

*Виробнича потужність* – це максимально можливий випуск продукції встановленої номенклатури й кількості, який може бути здійснений за певний період часу при встановленому режимі роботи [1].

Розрізняють дійсну й проектну потужність. Проектна потужність є встановлена в проекті будівництва або реконструкції виробництва виробнича потужність, яка повинна бути досягнута за умови забезпечення виробництва прийнятими в проекті засобами виробництва, кадрами й організацією виробництва. Виробнича потужність діючого виробництва не є постійною і залежить від рівня використання основних і оборотних фондів, змінності роботи, рівня механізації і автоматизації виробництва, технічного рівня працівників та інших чинників.

Календарний час виготовлення виробів від початку виробничого процесу до його закінчення прийнято називати *виробничим циклом*. Цикл може бути розрахунковий (нормований) і фактичний. При виробничих процесах, які повторюються не періодично, використовують термін «тривалість процесу».

Рух заготовок, напівфабрикатів або виробів у виробництві може здійснюватися поштучно або партіями. *Партією* прийнято називати певну кількість заготовок, напівфабрикатів або виробів, які одночасно надходять на робочу позицію (місце) та мають однаковий підготовчо-заклучний час на операцію [1].

### ***1.1.2 Організаційні одиниці в механоскладальному виробництві***

Основні організаційні одиниці в механоскладальному виробництві представлені на рис. 1.3. Для виконання виробничого процесу відповідним чином обладнані робочі позиції (місця). Залежно від змісту операції і організації її проведення на робочій позиції (місці) можуть бути розміщені: технологічне обладнання, місце для заготовок або напівфабрикатами, один робітник або група робітників, засоби автоматичного завантаження

й розвантаження устаткування (роботи, маніпулятори, автоматичні агрегати завантаження), різальний і контрольно-вимірювальний інструмент, оснащення, засоби технічного обслуговування й охорони праці, елементи системи керування (рис. 1.4).

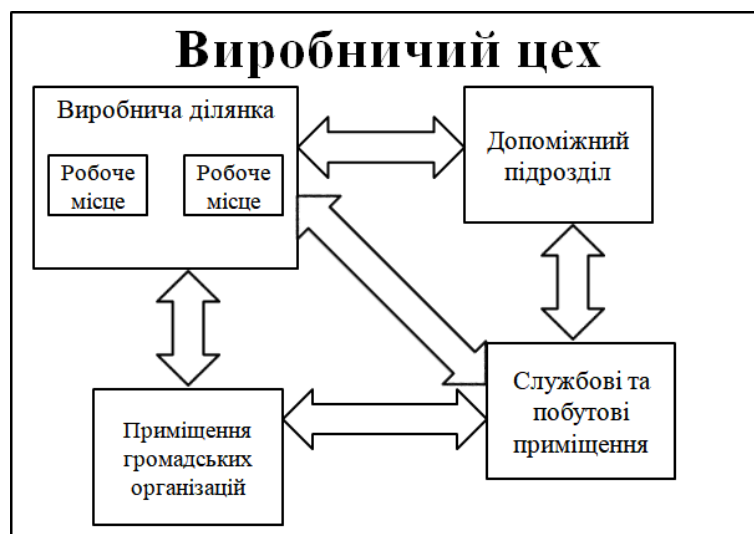


Рисунок 1.3 – Основні організаційні одиниці в механоскладальному виробництві

*Виробничою ділянкою* називають частину обсягу цеху, у якій розміщені робочі позиції (місця), що об'єднані транспортно-накопичувальними пристроями, засобами технічного, інструментального та метрологічного обслуговування, засоби охорони праці, обладнання для управління і на якій здійснюються технологічні процеси виготовлення виробів певного призначення.

Наступною організаційною одиницею є *виробничий цех*, який представляє собою адміністративно-господарський виробничий окремий підрозділ заводу. Цех включає: виробничі ділянки, допоміжні підрозділи, службові та побутові приміщення.

*Допоміжні підрозділи* створюють для обслуговування та забезпечення безперервної роботи виробничих ділянок. До них відносяться: відділення з відновлення різального інструменту, контрольне та ремонтне відділення, відділення для приготування і роздачі мастильно-охолоджувальних рідин та ін.

Склад виробничих ділянок і допоміжних підрозділів визначається:

- 1) конструкцією виробів, що виготовляються;
- 2) технологічним процесом;
- 3) програмою випуску й організацією виробництва.

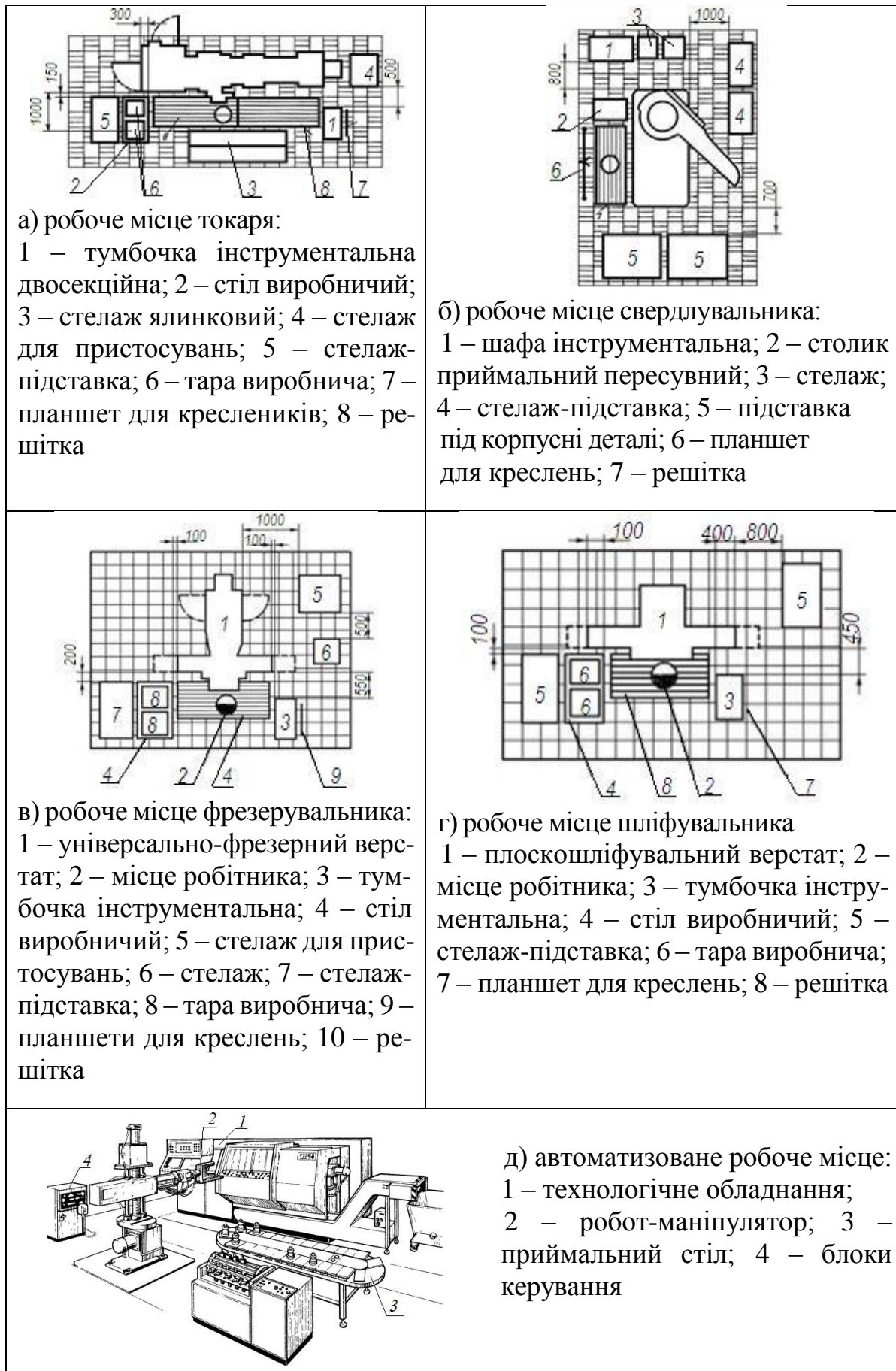


Рисунок 1.4 – Приклади робочих місць у механічному цеху

За характером виконуваної роботи виробниче обладнання буває основне (технологічне) і допоміжне. Основне (технологічне) виробниче обладнання безпосередньо виконує операції технологічного процесу.

Допоміжне обладнання виконує обслуговування основного обладнання та не бере участі в технологічному процесі виготовлення виробів.

Загальна площа цеху складається з виробничої і допоміжної площі (без службово-побутової площі). На виробничій площі розміщують: робочі позиції (місця), допоміжне обладнання, яке знаходиться на виробничих ділянках, проходи й проїзди між обладнанням усередині виробничих ділянок (без урахування площі магістрального проїзду). На допоміжних площах розміщують усе обладнання та пристрої допоміжних систем (заточувальне відділення, контрольне та ремонтне відділення, ремонтна база, відділення для приготування й роздачі мастильно-охолоджувальної рідини, різні склади), що не розміщені на виробничих ділянках, а також магістральні та пожежні проїзди.

Для руху автотранспорту, вантажних автомобілів і збиральних машин у цехах створюють магістральні проїзди, ширину яких вибирають за нормами технологічного проектування.

Канторські та побутові приміщення розташовують на службово-побутовій площі цеху. До канторських приміщень відносять площу, на якій розміщені адміністративно-канторські служби цеху (кабінет начальника цеху, майстрів). У цю ж площу включають і площу бюро конструкторів та технологів, які розміщені в цеху (кімнати технологів, конструкторів, нормувальників). Побутовою називають площу приміщень, призначених для задоволення санітарно-гігієнічних і соціально-побутових потреб працівників цеху (роздягальня, гардероб).

### ***1.1.3 Категорії персоналу в цеху***

Для здійснення виробничих процесів у механоскладальному виробництві передбачено певний штат працюючих (рис. 1.5), яких поділяють на наступні категорії: виробничі (основні) і допоміжні робочі, інженерно-технічні працівники (ІТП), службовці, молодший обслуговуючий персонал (МОП).

Рекомендовані назви професій наведені в ДК 003: 2010 Класифікатор професій. Класифікатор призначений для використання центральними органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, об'єднанням



соціальних партнерів усіх рівнів, іншими громадськими організаціями, усіма суб'єктами господарювання під час запису про працевлаштування в трудову книжку працівника.

В основі розробки Класифікатора прийнято Міжнародну стандартну класифікацію професій (ISCO 88: International Standard Classification of Occupations/ILO, Geneva).

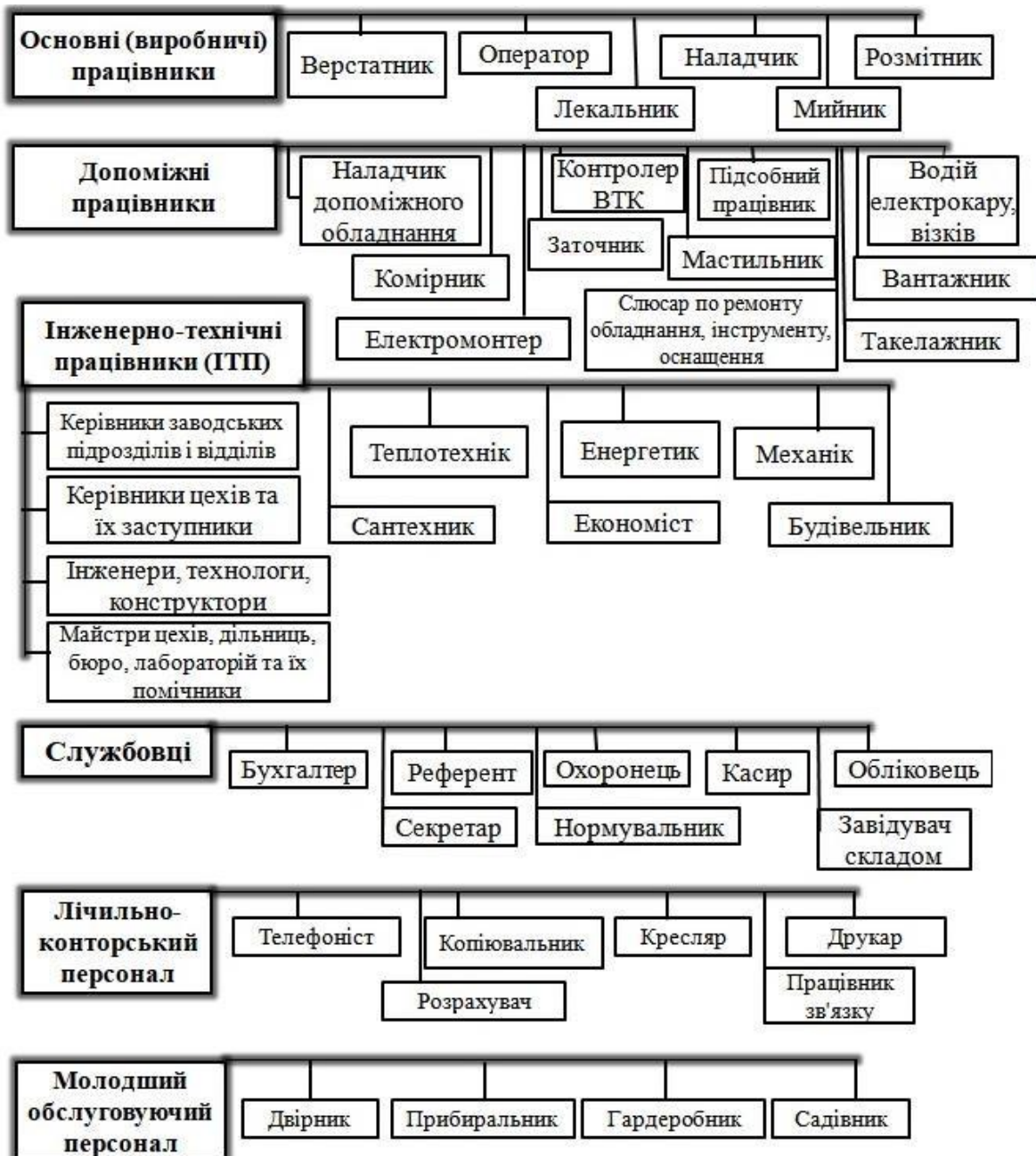


Рисунок 1.5 – Категорії персоналу в цеху

*Виробничі робітники* – це робітники механоскладального виробництва, які безпосередньо виконують операції технологічного процесу з виготовлення продукції.

*Допоміжні робітники* – це робітники, які не беруть безпосередньої участі у виконанні операцій з виготовлення виробничої програми випуску продукції, а зайняті обслуговуванням технологічних процесів. Допоміжні працівники забезпечують безперервне виконання операцій технологічного процесу під час виготовлення деталей основними робочими.

*Інженерно-технічними працівниками* (ІТП) називають працівників, що виконують обов'язки з керування, організації та підготовки виробництва та займають посади, для яких необхідна кваліфікація інженера, техника, економіста, механіка, енергетика.

До *службовців* відносять працівників, які виконують відповідно до займаної посади адміністративно-господарські функції: виконують фінансовий і статистичний облік, вирішують соціально-побутові та схожі питання. Лічильно-конторський персонал (ЛКП) – займається конторською діяльністю, яка пов'язана з тиражуванням документації та підготовкою інформації. Службовців і лічильно-конторський персонал можна об'єднувати в одну групу.

*Молодий обслуговуючий персонал* (МОП) складають сторожі, гардеробники і прибиральники побутових і конторських приміщень.

#### ***1.1.4 Компонувальні та планувальні рішення***

Одним з етапів проектування механоскладального виробництва є компонентування цеху.

Під *компонуванням цеху* розуміють взаємне розміщення площ виробничих дільниць, допоміжних відділень, магістрального проїзду й службово-побутових приміщень на площі цеху.

Під *плануванням цеху* розуміють взаємне розміщення технологічного та допоміжного обладнання та інших засобів виробництва і пристроїв на площах цеху.

На компонентувальному плані цеху вказуються основні параметри будівлі, межі дільниць, допоміжні служби цеху, основні проїзди й проходи, вводи залізничних колій або магістральних проїздів та ін. Рекомендовані умовні позначення наведені в додатку А (таблиця А.1) та відповідають стандартам [3–6].

Основне завдання яке вирішується при виборі компонентувальної схеми цеху є забезпечення найкоротшого шляху основних технологічних потоків (від отримання заготовки до готових виробів). Підрозділи технічного, ре-

монтного та інструментального обслуговування розміщуються осторонь від основних потоків.

У якості вихідних даних для розробки компоувальної схеми цеху використовують:

- склад дільниць механічного цеху;
- структуру допоміжних служб цеху;
- кількість виробничого й допоміжного обладнання;
- дані про виробничі, допоміжні й службово-побутові площі цеху;
- основні параметри будівлі цеху.

Між виробничими дільницями зазвичай не передбачають перегородки. Межами дільниць є поздовжні й поперечні проїзди. Відстань між проїздами не нормується, а визначається умовами раціонального розміщення технологічного обладнання дільниць. Довжина дільниць становить 40–60 м, що пов'язано із забезпеченням зручності транспортування та протипожежною безпекою.

Компонування цеху пов'язано з прийнятою організаційною формою праці механоскладального виробництва. Загальна компоновка цеху з обраним варіантом транспортної та складської системи, систем інструментального забезпечення, ремонтного й технічного обслуговування, контролю якості виробів, заходів з охорони праці дозволяє підвищити точність планування окремих дільниць механічного цеху.

До загальної структури машинобудівного підприємства входять цехи механоскладального виробництва, тому компоувальний план цеху пов'язують із розміщенням інших цехів, відділень та з транспортними комунікаціями. *Генеральний план підприємства* – план взаємного розміщення всіх будівель і споруд, транспортних магістралей, інженерних мереж та ін. [7].

Одним із показників організації виробничого процесу є вантажопотік, під яким розуміють суму однорідних вантажів (у тонах, штуках), що переміщуються в певному напрямку між окремими пунктами навантаження й вивантаження в одиницю часу (годину, зміну, добу й т. д.) [7]. Вантажопотоки розрізняють за видами вантажів, напрямком переміщення та інтенсивністю. *Інтенсивність вантажопотоку* – кількість транспортних переміщень через розглянуту дільницю в одиницю часу [7]. Для цеху складають схему вантажопотоку.

Механоскладальне виробництво зазвичай розміщують у будівлях, що мають один або кілька прогонів. *Прогоном* називають частину будівлі, обмежену в поздовжньому напрямку двома паралельними рядами колон [8]. Відстані між осями колон у поздовжньому напрямку називають кроком колон, а в поперечному напрямку – *шириною прогону*. Відстані між осями



колон у поперечному і поздовжньому напрямках утворюють *сітку колон*. *Висота прогону* – відстань від рівня підлоги до нижньої частини несучих конструкцій покриття будівлі 8].

При проектуванні сучасного механоскладального виробництва слід орієнтуватися на комплексну автоматизацію. Рівень автоматизації основних і допоміжних процесів визначається на підставі техніко-економічних міркувань і повинен бути по можливості однаковий, оскільки продуктивність усього автоматизованого комплексу буде в значній мірі визначатися найбільш «слабкою» ланкою у виробничому ланцюжку. Тому навіть найсучасніші верстати й передові технології не забезпечать належного ефекту без належної автоматизації допоміжних процесів, що відбуваються в механоскладальному виробництві.

На етапі планування пов'язують розміщення робочих позицій (місць) і допоміжного обладнання в обраному масштабі. Планування обладнання в технічному проєкті виконують у масштабі 1:100 для малих і середніх цехів і 1:200 для великих цехів. Надалі в робочих креслениках монтажні планування виконують зазвичай у масштабі 1:50 із прив'язкою устаткування до будівлі [4].

При плануванні враховують наступні фактори:

- доступ до робочих позицій (місць);
- зручність роботи робочого та доставки заготовок до місця роботи;
- відстань кімнат для куріння та туалетів, гардеробу, душових і їдальні;
- необхідне освітлення, достатній обмін повітря;
- зручне розміщення торгових автоматів.

Необхідні протипожежні заходи:

- зручне розміщення протипожежного інвентарю;
- наявність вільних проходів для евакуації працюючих і проїздів для пожежних машин;
- усі двері повинні відкриватися назовні.

Планування обладнання виконують з урахуванням розміщення санітарно-технічних і енергетичних служб. Магістральні водопроводи, трубопроводи, водостоки, каналізацію, силову підводку до верстатів (якщо її роблять у бетонній підлозі), систему освітлення, розведення стисненого повітря, розміщення опалювальних приладів, видалення відходів виробництва – усе це проєктують так, щоб ці комунікації не проходили в зоні роботи транспортної системи й не становили загрози для працівників, обладнання та матеріалів.

### ***1.1.5 Основні завдання, які вирішуються при проєктуванні. Етапи проєктування***

Підготовка виробництва буває маркетингова, фінансова, будівельна, конструкторська, технологічна, організаційна, постачальницька, збутова та ін. Наукова підготовка передує всім зазначеним видам підготовки. Конструкторська й технологічна підготовка утворюють технічну підготовку. Найбільше впливає на технічний рівень продукції конструкторська підготовка, на якість продукції і технічний рівень виробництва – технологічна, а на витрату виробничих ресурсів – організаційна. Усі разом вони визначають ефективність виробництва.

При проєктуванні механоскладального виробництва одночасно розробляють і вирішують технологічні, економічні та організаційні завдання, які тісно пов'язані між собою.

Задача проєктування формулюється в наступному вигляді: спроектувати цех або дільницю, що забезпечує випуск виробів певної номенклатури, необхідної якості, із заданою програмою випуску при досягненні мінімально можливих приведених витрат на виготовлення й з урахуванням усіх вимог до охорони праці.

Технологічні завдання складаються з наступних дій:

- виконати аналіз на технологічність виробів;
- спроектувати технологічні процеси;
- визначити трудомісткість і верстатомісткість операцій;
- установити тип і кількість обладнання;
- розрахувати склад і кількість працюючих;
- визначити добові норми витрат матеріалів;
- визначити площі та розміри виробничих дільниць та цеху;
- розробити компоновку цеху й планування обладнання;
- визначити завдання для будівельного, сантехнічного та енергетичного проєктування.

Економічні завдання складаються з наступних дій:

- розрахувати собівартість і рентабельність випуску виробів;
- визначити питомі, приведені витрати;
- визначити розміри основних і обігових коштів;
- скласти калькуляції;
- визначити фінансування работ.

Організаційні завдання складаються з наступних дій:

- визначити принципи формування виробничих підрозділів;
- розробити структуру керування, наукову організацію праці;

- організувати документообіг;
- організувати роботу служб виробництва;
- організувати систему контролю за ходом виробництва.

При розробці декількох варіантів проекту механоскладального виробництва або його частин вибирають оптимальний за допомогою критерієв.

Глобальним критерієм вибору має бути показник приведених витрат виготовлення виробів. Унаслідок складності визначення цього показника на практиці використовують інтегральний критерій якості планувань обладнання, що представляє собою векторний функціонал [7]:

$$f = (W_1, W_2) \rightarrow ext, \quad (1.1)$$

де  $W_1$  – критерій мінімальної потужності вантажопотоку, т.м:

$$W_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{ay}^{\omega} q_i l_{ay}, \quad (1.2)$$

де  $n$  – кількість найменувань заготовок (виробів), що переміщуються на ділянці або в цеху в розглянутий проміжок часу (рік);

$\omega$  – кількість операцій у виробничому процесі виготовлення  $i$ -го виробу;

$q_i$  – маса виробів  $i$ -го найменування, що переміщуються в установленний проміжок часу, т;

$l_{ay}$  – відстань між  $a$ -м і  $y$ -м робочим місцем (позицією), на яку відбувається переміщення виробу  $i$ -го найменування, м;

$W_2$  – критерій максимального отримання продукції з одиниці об'єму виробів у цеху, шт.:

$$W_2 = N/V, \quad (1.3)$$

де  $N$  – річна програма запуску виробів, шт.;

$V$  – загальний обсяг цеху, м<sup>3</sup>.

Фактичний рівень ефективності, як правило, повинен визначатися по відношенню до нормативних показників, сума значень яких із цього проектного рішення прийнята за 100 %.

Вибрані показники повинні забезпечувати оцінку якості рішень на одних і тих же етапах процесу розробки всіх розділів проекту. Повинна бути встановлена єдина форма їхнього вираження, щоб мати порівняльні результати по всіх розділах проекту і їхній сукупності.

**Етапи проектування.** Основні послідовні етапи [7]:

- структурно-функціональний;
- алгоритмічний;

- параметричний;
- планувальний.

*Структурно-функціональний етап* представляють структурною моделлю, яка відображає склад, тип і взаємозв'язок елементів і функціональної моделі, що враховує властивості елементів і системи, необхідні для виконання ними свого службового призначення [7].

На *алгоритмічному етапі* складають алгоритмічну модель, що містить взаємні зв'язки між елементами й системами в процесі виробництва [7].

На *параметричному етапі* визначають кількісні значення взаємозв'язків між окремими фізичними параметрами елементів системи у вигляді рівняння матеріально-енергетичного балансу в різних проявах [7].

На *планувальному етапі* вирішується завдання розмірних зв'язків між окремими елементами системи [7].

Послідовність проектування виробничої системи представлена на рис. 1.6.

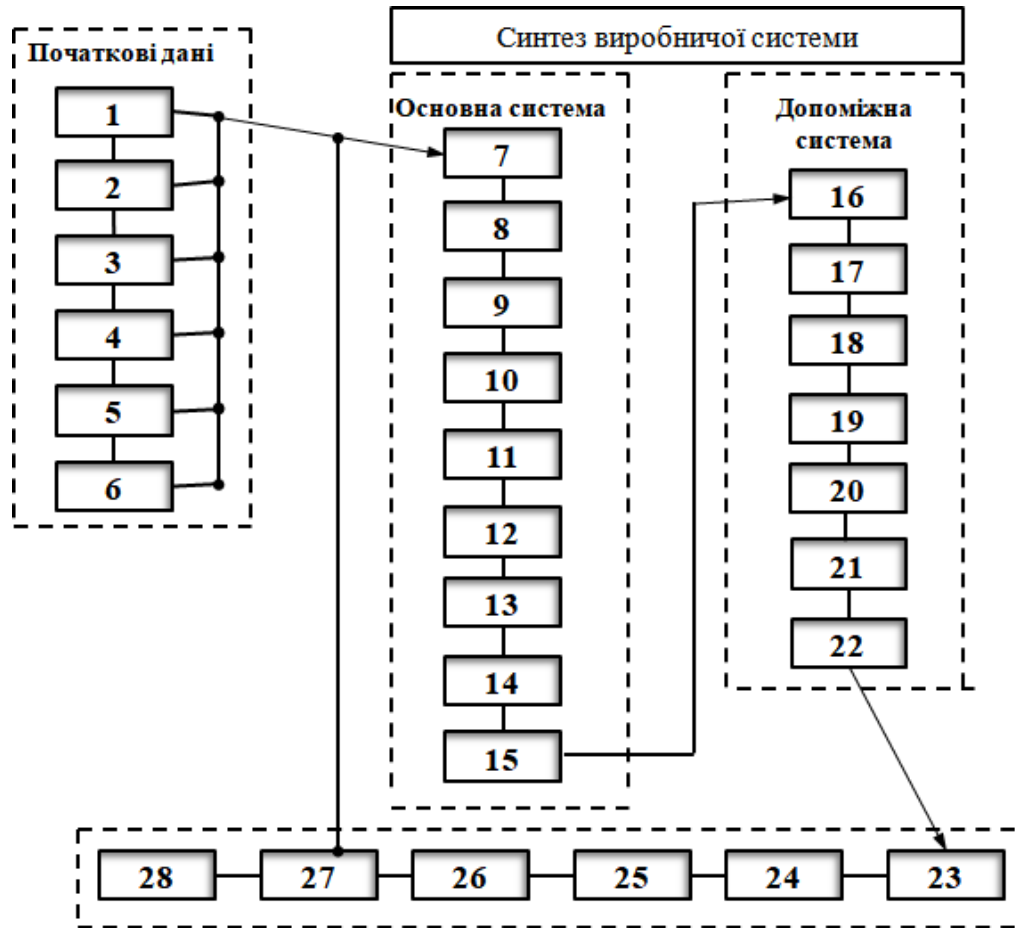
### ***1.1.6 Застосування систем автоматизованого проектування***

Зростаючі вимоги до якості проєктів і скорочення термінів виконання проєктних робіт призводять до необхідності використання систем автоматизованого проектування (САПР) виробничих систем.

САПР допомагає приймати рішення на етапах розробки, планування й компонування виробничої системи, а також при аналізі динаміки функціонування й оптимізації їхньої роботи.

Рівень ефективності виконання проєктних процедур оцінюють через техніко-економічні показники (ТЕП), які допомагають виявити фактори впливу на технологічний процес проектування. Створений зворотний зв'язок дозволяє вдосконалювати систему з метою досягнення потрібного ефекту.

Безперервність процесу прийняття рішень забезпечують за рахунок стандартизації взаємних вимог розділів проєкту, створення нормативів, бази уніфікованих рішень і централізованого зберігання довідкової інформації [7].



1 – програма випуску; 2 – габаритні розміри, маса і матеріал виробів; 3 – якість виробів; 4 – трудомісткість і верстатомісткість операцій; 5 – режим роботи виробництва; 6 – типаж обладнання; 7 – визначення кількості основного (технологічного) обладнання; 8 – вибір складу виробничих діляниць; 9 – визначення складу й кількості обладнання на ділянці; 10 – визначення алгоритму роботи обладнання на ділянці; 11 – розрахунок виробничої площі; 12 – розробка вимог до умов роботи обладнання; 13 – складання завдань на проектування нестандартного обладнання; 14 – компоновка виробничих діляниць; 15 – планування основного обладнання; попереднє визначення кількості працюючих; 16 – проектування складської системи; 17 – проектування транспортної системи; 18 – проектування системи інструментозабезпечення; 19 – проектування системи ремонтного технічного обслуговування; 20 – проектування системи контролю якості виробів; 21 – проектування системи охорони праці; 22 – проектування системи керування й підготовки виробництва; 23 – визначення загальної площі цеху і його габаритів; 24 – уточнення компоновки цеху; 25 – уточнення планування обладнання; 26 – уточнення складу й кількості працюючих; 27 – визначення техніко-економічних показників; 28 – вибір оптимального варіанту проекту

*Рисунок 1.6 – Послідовність проектування механоскладального виробництва [7]*

В основу САПР виробничих систем закладають чотири рівні й дві підсистеми – проектування й забезпечення. Перша підсистема вирішує проєктні завдання, а друга являє собою загально методи й способи, які забезпечують виконання проєктного процесу.

На першому рівні ієрархії САПР відбувається остаточне формування проєкту, при цьому використовують результати рішень другого рівня, на якому проводять проектування основної та допоміжної систем [7].

На третьому й четвертому рівнях кожен підсистему представляють у вигляді сукупності програм і підпрограм. При проектуванні дільниць та цехів на САПР покладають наступні завдання:

- визначення загальної трудомісткості й верстатомісткості за типами обладнання для заданої програми випуску;
- визначення кількості обладнання, основних і допоміжних робітників;
- визначення виробничих і допоміжних площ;
- вибір оптимальної компоновки цеху й планування обладнання;
- визначення кількості транспортних і складських засобів, різальних і допоміжних інструментів, контрольно-вимірювальних засобів та ін.;
- визначення техніко-економічних показників проєкту [7].

Принципова відмінність САПР від традиційної системи проектування полягає в тому, що програмне проектування стає організаційно-технологічною системою, у якій дії проєктувальників і технологічних засобів мають постійний зв'язок і об'єднані спільною метою. Для таких САПР характерна єдність інформаційних потоків як системно-організуючого фактора на всіх етапах розробки проєкту. Ухвалення проєктних рішень здійснюють на основі проведення математичного експерименту з імітаційною моделлю проєктованого об'єкта або його складових елементів. Автоматизація передбачає передачу до комп'ютерної програми функцій керування ходом проектування, узгодження рішення, яке сформоване з показником ефективності об'єкта. Це вимагає наявності в пам'яті комп'ютера комплексу моделей проєктованих об'єктів і архіву нормативно-довідкових даних (банку даних) [7].

Використання САПР дозволяє: скоротити термін проектування, забезпечити необхідний рівень якості й ефективності проєктів, ефективно вирішувати проблеми, постійно вдосконалювати проєктну справу, зменшувати вартість проєктних робіт. Наведемо нижче приклади систем автоматизованого проектування, які можуть використовуватися як у навчальному процесі, так і на виробництві.

Tecnomatix Plant Simulation є інструментом імітаційного моделювання широкого класу систем і процесів. Програмний комплекс розроблений у Німеччині фірмою Siemens як інженерний інструмент для застосування

у виробництві. У якості основи використаний об'єктно-орієнтований принцип побудови моделі, що істотно полегшує створення моделі, її зміну, аналіз і оптимізацію.

Вихідними даними для побудови імітаційної моделі роботи виробничої дільниці є: маршрут обробки деталей на технологічному обладнанні, штучний час обробки для кожної деталі, час налагодження технологічного устаткування на обробку кожної партії деталей, обсяг партій деталей та ін.

Основні завдання, які можна вирішувати за допомогою програмного комплексу Plant Simulation:

- керування технологічними та логістичними процесами;
- побудова та аналіз вантажопотоків при розробці транспортної системи;
- розробка ділянок складання виробів;
- аналіз забезпечення виробничих станцій інструментом;
- проектування складської системи;
- аналіз енергоефективності виробничих дільниць;
- визначення продуктивності устаткування, аналіз і оптимізація його завантаження;
- аналіз раціонального використання виробничих площ;
- аналіз методу керування для всіх рівнів планування від цілого виробництва до окремих дільниць.

Питання відтворення планів цехів, компоновання й планування обладнання для механоскладального виробництва при виконанні проєктів вирішуються в таких відомих САД-системах, як КОМПАС, Autodesk AutoCad, T-Flex та ін. У програмі КОМПАС виконання компоновок і планувань виробничих ділянок можливе при використанні прикладних бібліотек, наприклад бібліотеки відтворення планів будівель і споруд.

*Основні можливості КОМПАС зі створення компоновання цеху.* Бібліотека призначена для випуску нескладних поверхових планів, як при новому проєктуванні, так і при реконструкції. Редагування можна проводити на основі наявного плану, виконаного в будь-якій САД-системі.

Бібліотека може бути використана для випуску проєктної документації, а також для випуску поверхових планів, використовуваних як «підоснови» при проєктуванні внутрішніх інженерних мереж. Зокрема, можлива її спільна робота з бібліотекою проєктування систем вентиляції.

Створені плани поверхів можуть бути також експортовані в інші САД-системи для вирішення спеціальних завдань.

Інструменти бібліотеки дозволяють виконати:

1. Розбивку осей (для будь-якої за складністю будівлі) – проєктувальник може використовувати сітки прямих і концентричних радіальних осей і поодинокі осі.

2. Установити колони круглого або прямокутного перерізу. В бібліотеці елементів запропонована вибірка колон із розмірного ряду, що визначається ГОСТ 25628-90 «Колони залізобетонні для одноповерхових будівель підприємств. Технічні умови» і ГОСТ 18979-90 «Колони залізобетонні для багатопверхових будівель. Технічні умови».

3. Креслити огорожувальні конструкції: на планах – стіни, на розрізах – стіни з використанням інструменту «Елемент огорожувальних конструкцій». При цьому проєктувальник може довільно визначати структуру стіни, набираючи її зі штриховок, які ототожнюються з певними матеріалами, і задаючи товщину кожного шару матеріалу, що утворює конструкцію стіни.

У бібліотеці представлена вибірка елементів огорожувальних конструкцій, що визначаються ГОСТ 9561–91 «Плити перекриття залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд. Технічні умови», ГОСТ 12767–94 «Плити перекриття залізобетонні суцільні для великопанельних будинків. Загальні технічні умови», ГОСТ 23486–79 «Панелі металеві тришарові стінові з утеплювачем із пінополіуретану. Технічні умови», ГОСТ 24524–80 «Панелі сталеві двошарові покриття будівель із утеплювачем із пінополіуретану. Технічні умови».

Для виконання віконних і дверних прорізів із заповнення в бібліотеці КОМПАС є готові елементи прорізів та типи заповнення за ГОСТ 21.501–93 «Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслеників».

У бібліотеці зроблена вибірка типорозмірів прямих сходових маршів, що визначаються відповідно до ГОСТ 9818-85 «Марші і майданчики сходів залізобетонні. Технічні умови». Крім того, проєктувальник може сам створювати сходові марші, бібліотека використовує механізм оптимізації геометрії сходів на основі співвідношення

$$(2H + S)_{\min} \leq (2H + S)_{\text{расч}} \leq (2H + S)_{\max}, \quad (1.4)$$

де  $H$  – висота підступенка, мм;

$S$  – ширина проступи, мм.

*Основні можливості КОМПАС зі створення планування цеху, ділянки.* Раціональний спосіб проєктування цеху полягає в розміщенні на його плані темплетів обладнання. *Темплете* (англ. *Templet, template* – шаблон, лекало, модель) – плоска двовимірна масштабна модель одиниці технологічного обладнання (апарата, приладу, машини) або будівельного вузла, конструкції. Темплети характеризують плани робочих місць і устаткування. Виготовляють їх у заданому масштабі. На темплеті вказують габаритні



розміри основного технологічного обладнання, місце працівника, розміщення інструментальних тумбочок та організаційного спорядження, місце підведення енергоносіїв, технологічних мастильно-охолоджувальних рідин. Темплети технологічного обладнання можуть бути представлені в супроводжуючих документах, таких як паспорт до технологічного обладнання або інструкція з експлуатації. Для виконання навчальних робіт можна використовувати темплети, представлені в роботах [8–10].

Розробка варіантів проєктів за допомогою темплетів називається *методом площинного макетування*.

Площинне макетування в системі КОМПАС забезпечується використанням бібліотеки планувань цехів, яка призначена для автоматизації процесу формування графічної і текстової документації при створенні технологічних планувань виробничих цехів. Бібліотека дозволяє:

- створювати й редагувати темплети обладнання;
- розміщувати темплети на плані виробничого приміщення;
- змінювати елементи темплетів;
- контролювати нормативні відстані між одиницями обладнання, а також від обладнання до суміжних елементів будівель (стін, колон і т. д.);
- реєструвати обладнання в базі даних;
- отримувати з бази даних довідкову інформацію про обладнання;
- автоматично формувати специфікацію обладнання.

Як будівельної підоснови бібліотека може використовувати документи, створені за допомогою «Бібліотеки відтворення планів будівель і споруд». Для роботи бібліотеки планувань цехів потрібна креслярсько-конструкторська система КОМПАС-ГРАФІК версії не нижче 6.0.

### **Контрольні питання**

1. Розкрийте зміст основних напрямків розвитку машинобудування.
2. Назвіть основні поняття й визначення виробничого процесу.
3. Назвіть вимоги до планування діляниць і цехів.
4. Розкрийте зміст технічних, організаційних і економічних завдань, що вирішують при проєктуванні.
5. Назвіть послідовність проєктування машинобудівних підприємств.
6. У чому сутність використання САПР при проєктуванні?

## **1.2 Вихідні дані й порядок проєктування механоскладальних виробництв**

1. Етапи передпроектних робіт. Вихідні дані
2. Аналіз категорії складності виробництва. Стадії проєктування
3. Система техніко-економічних показників. Склад і етапи розробки техніко-економічного обґрунтування (ТЕО), техніко-економічного розрахунку (ТЕР)
4. Склад та етапи розробки «Проекту», «Робочого проєкту», «Робочої документації»
5. Класифікація механоскладальних цехів машинобудівних заводів

### ***1.2.1 Етап передпроектних робіт. Вихідні дані***

Норми, які регламентують склад і зміст проєктної документації на нове будівництво, реконструкцію, капітальний ремонт, технічне переоснащення будинків, будівель, їхніх комплексів або частин, лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури регламентуються Державними будівельними нормами України ДБН А2.2-3-2014 [11]. Додаткові вимоги до об'єктів галузевої специфіки встановлюються галузевими будівельними нормами й нормативними документами, прийнятими відповідно до законодавства.

Створення промислових виробництв вимагає великих матеріальних витрат, довготривалих термінів проєктування й впровадження, участі фахівців різного профілю та роботи багатьох організацій і підприємств.

*Передпроектні роботи* – це роботи, які виконують до початку процесу проєктування для визначення принципів об'ємно-просторових та будівних рішень:

- розроблення пропозицій щодо розміщення об'єктів будівництва на земельних ділянках (обґрунтування місця розміщення, необхідної території та умов будівництва);
- опрацювання технологічної та інженерної характеристик об'єкта;
- попередні інженерні вишукування;
- попередні обстеження будівель, які підлягають реконструкції, капітальному ремонту або технічному переоснащенню [11].

*Інженерні вишукування* для будівництва є видом науково-технічної діяльності (згідно із Законом України «Про наукову та науково-технічну діяльність»), що забезпечує вивчення природних і техногенних умов територій (ділянок) об'єктів будівництва, розроблення прогнозів взаємодії об'єктів будівництва з навколишнім середовищем, розроблення усіх видів проєктів (у тому числі інженерної підготовки територій, захисту територій і об'єктів від небезпечних процесів) [12].

Проєктна документація для будівництва має відповідати положенням законодавства, вимогам містобудівної документації, будівельних норм, стандартів та правил. Не допускається розроблення проєктної документації без інженерних вишукувань на нових земельних ділянках, а при реконструкції та капітальному ремонті об'єктів – без уточнення раніше виконаних інженерних вишукувань та інструментального обстеження об'єктів. Оформлення проєктної документації здійснюється згідно з нормативними документами та комплексом А.2.4 «Система проєктної документації для будівництва» [11].

***Основними складовими вихідних даних є наступні:***

***1. Містобудівні умови й обмеження забудови земельної ділянки:***

– фрагмент чинної містобудівної документації, у тому числі генеральний план, детальний план або план зонування території (за наявності останнього), схеми планування району (за наявності);

– вихідні дані та вимоги на розроблення розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту або цивільної оборони (у разі необхідності);

– матеріали інвентаризації, оціночні акти, рішення органів місцевого самоврядування про знесення й характер компенсації за будинки та споруди, зелені насадження, які підлягають знесенню (у разі необхідності);

– дані для розроблення рішень з організації будівництва й складання кошторисної документації [11].

***2.1 Технічні умови для нового будівництва:***

– дані технічних завдань на машини та обладнання, конструювання й виготовлення;

– номенклатура продукції, виробнича програма;

– технічні характеристики продукції підприємства;

– відомості про обладнання або кресленики на нетипове та нестандартизоване обладнання з показниками енергоефективності;

– необхідні дані щодо виконаних науково-дослідних робіт, пов'язаних зі створенням нових технологічних процесів і обладнання [11].

## *2.2 Технічні умови (ТУ) при реконструкції, капітальному ремонті та технічному переоснащенні об'єктів будівництва:*

– звіти з висновками про результати обстеження будівельних конструкцій, обмірювальні кресленики, відомості про послідовність перенесення діючих інженерних мереж та комунікацій, дані з інвентаризації існуючих на підприємствах (будинках, спорудах) джерел забруднення;

– висновки та матеріали, виконані за результатами обстеження діючих виробництв, конструкцій будинків та споруд;

– технологічні планування діючих виробництв (цехів), діляниць зі специфікацією обладнання;

– умови на розміщення інвентарних тимчасових будинків і споруд підйомно-транспортних машин та механізмів, місць складування будівельних матеріалів тощо;

– переліки існуючих будинків, будівель (приміщень) і споруд, підйомно-транспортних засобів підприємства (будинку, будівлі, споруди), які можуть бути використані в процесі виконання будівельних робіт [11].

### *3. Завдання на проєктування включає:*

– назву та місцезнаходження об'єкта;  
– підставу для проєктування;  
– вид будівництва;  
– дані про інвестора та замовника;  
– джерело фінансування та розрахунки ефективності інвестицій;  
– дані про генерального проєктувальника;  
– стадійність проєктування з визначенням затверджувальної стадії (визначається спільно замовником та проєктувальником);

– інженерні вишукування та дані про особливі умови будівництва (сейсмічність, просадні ґрунти, підроблювані й підтоплювані території);

– основні архітектурно-планувальні вимоги й характеристики об'єкта;  
– черговість будівництва, необхідність виділення пускових комплексів;  
– визначення класу (наслідків) відповідальності, категорії складності та установа строку експлуатації;

– указівки про необхідність:

1) розроблення індивідуальних технічних вимог;

2) розроблення окремих проєктних рішень;

3) попередніх погоджень проєктних рішень;

4) виконання демонстраційних матеріалів, макетів, креслеників інтер'єрів, їхні склад та форма;

5) виконання науково-дослідних та дослідно-експериментальних робіт у процесі проєктування й будівництва, науково-технічного супроводу;

6) технічного захисту інформації;

- потужність або характеристика об'єкта, виробнича програма;
- вимоги до благоустрою майданчика;
- вимоги до інженерного захисту територій і об'єктів;
- вимоги щодо розроблення розділу «Оцінка впливів на навколишнє середовище»;
- вимоги з енергозбереження та енергоефективності;
- дані про технології і (або) науково-дослідні роботи, які пропонує застосувати замовник;
- вимоги до режиму безпеки, охорони праці та розроблення розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони);
- вимоги до систем протипожежного захисту об'єкту;
- вимоги до розроблення спеціальних заходів;
- призначення нежитлових поверхів;
- перелік будинків та споруд, що проєктуються у складі комплексу [11].

Завдання на проєктування (або коригування проєкту) затверджуються замовником та погоджуються проєктувальником. Склад завдання на проєктування може змінюватися відповідно до особливостей об'єктів, що проєктуються, і умов будівництва. Перелік вихідних даних, які надаються замовником, визначається при підписанні договору на виконання відповідних стадій проєктування.

### ***1.2.2 Аналіз категорії складності виробництва. Стадії проєктування***

***Стадії проєктування*** визначаються відповідно з категорією складності та класу наслідків (відповідальності) об'єкта будівництва, які представлені в ДБН В.1.2–14 [13] та ДСТУ-Н Б В.1.2–16 [14] (див. табл. Б.1, додаток Б). На схемі рис. 1.7 представлено перелік необхідних стадій для проєктування у відповідності з категорією складності будівництва.

За відповідним обґрунтуванням замовник та проєктувальник можуть прийняти узгоджене рішення щодо зміни кількості стадій проєктування.

За необхідності виконання підготовчих робіт замовник може в завданні на проєктування передбачати розроблення окремого розділу проєктної документації – проєкт підготовчих робіт. Склад та зміст підготовчих робіт визначається ДБН А.3.1-5 [15].

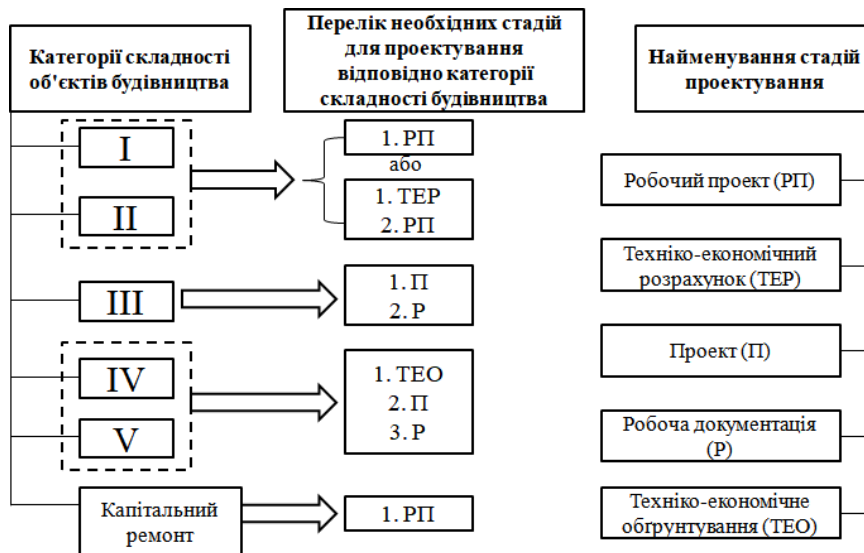


Рисунок 1.7 – Перелік необхідних стадій для проектування відповідно категорії складності будівництва [13]

### 1.2.3 Система техніко-економічних показників. Склад і етапи розробки техніко-економічного обґрунтування (ТЕО), техніко-економічного розрахунку (ТЕР)

Система техніко-економічних показників – це комплекс числових даних, які характеризують економіку підприємства або цеху.

Вихідні (абсолютні) показники є основними величинами, які характеризують виробничу потужність цеху. До них відносять: річний випуск виробів (у натуральному або ціннісному вираженні), загальну величину основних засобів цеху (у гривнях); кількість обладнання й робітників; розміри фондів заробітної плати; сума оборотних коштів; кількість робочих днів протягом року і т. д.

Похідні (відносні або питомі) показники характеризують техніко-економічну ефективність цеху та представляють величини до одиниці обладнання, до однієї гривні, до одного квадратного метра площі і т. д. Похідні показники визначають на основі вихідних показників і дають можливість порівнювати конкретний проект як із діючими підприємствами (цехами, заводами), так і з іншими проектами або варіантами проекту. До похідних показників відносять: річний питомий випуск продукції на одного робітника в гривнях, тоннах або штуках (продуктивність праці), на один верстат (ефективність використання обладнання), на 1 м<sup>2</sup> виробничої або всієї площі (ефективність використання площі); кількість верстато-годин на 1 штуку

або 1 тону продукції (верстатомісткість) або нормо-годин (трудомісткість); собівартість 1 штуки або 1 тонни продукції і багато інших.

ТЕО (ТЕР) розробляється на підставі початкових даних для об'єктів виробничого призначення та лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, які потребують детального обґрунтування відповідних рішень та визначення варіантів і доцільності будівництва об'єкта.

ТЕР застосовується для технічно нескладних об'єктів виробничого призначення та лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури.

ТЕО (ТЕР) обґрунтовує основні проєктні рішення, потужність виробництва, номенклатуру та якість продукції, якщо вони не задані директивно, а також кооперацію виробництва, забезпечення сировиною, матеріалами, напівфабрикатами, паливом, електро- та теплоенергією, водою і трудовими ресурсами, включаючи вибір конкретної ділянки для будівництва, вартість будівництва та основні техніко-економічні показники.

При підготовці ТЕО (ТЕР) здійснюють всебічну оцінку впливу планованої діяльності на стан навколишнього середовища (ОВНС) згідно з ДБН А.2.2-1; рекомендовані рішення ТЕО (ТЕР) мають обґрунтовуватися результатами ОВНС; матеріали ОВНС, оформлені у вигляді спеціальної частини (розділу) документації, є обов'язковою складовою ТЕО (ТЕР). ТЕР виконується у скороченому обсязі порівняно з ТЕО відповідно до характеру об'єкта та вимог завдання.

Для об'єктів виробничого призначення ТЕО (ТЕР) складається, як правило, із таких розділів:

1. Вихідні положення, у яких зазначається технічна можливість та економічна доцільність будівництва об'єкта. Обґрунтування проєктної потужності об'єкта будівництва, передбачуваного асортименту продукції, запланованої до випуску, а також міркування щодо її збуту. Обґрунтування чисельності нових або додаткових робочих місць виробничого персоналу.

2. Дані про наявність сировинної бази, про забезпечення основними матеріалами, енергоресурсами, напівфабрикатами, трудовими ресурсами з обґрунтуванням можливості їхнього використання або одержання.

3. Дані інженерних вишукувань.

4. Оцінка впливів на навколишнє середовище (ОВНС).

5. Схеми генплану та транспорту.

6. Схема зведеного плану інженерних мереж (для ТЕО) та схеми генплану та транспорту з мережами (ТЕР).

7. Основні рішення з інженерної підготовки території і захисту об'єкта від небезпечних природних чи техногенних факторів. Основні технологічні, будівельні та архітектурно-планувальні рішення. Основні положення з організації будівництва.

8. Основні рішення та показники енергоефективності, порівняння варіантів, облік і використання вторинних та поновлюваних ресурсів, рішення з охорони праці.

9. Основні рішення із санітарно-побутового обслуговування працівників.

10. Основні рішення з вибухопожежної безпеки виробництва та рішення щодо реалізації інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони).

11. Обґрунтування ефективності інвестицій. Висновки з визначенням вибраного варіанту запропонованих рішень та пропозиції.

12. Проектна тривалість будівництва.

13. Техніко-економічні показники. Кошторисна документація, склад, обсяг та зміст якої визначаються відповідно до ДСТУ Б Д.1.1-1:2013.

14. Розрахунок класу наслідків (відповідальності) та категорії складності відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.2–16.

Матеріали ТЕО (ТЕР) передаються замовнику на паперовому (у чотирьох примірниках) та електронному носіях.

#### ***1.2.4 Склад та етапи розробки «Проекту», «Робочого проекту», «Робочої документації»***

*Проект (П)* розробляється для визначення містобудівних, архітектурних, екологічних, технічних, технологічних, інженерних рішень об'єкта, кошторисної вартості будівництва [11]. Для розробки П використовують вихідні дані попередньої стадії проектування.

Розділи П подають без надмірної деталізації, у складі та обсязі, достатньому для обґрунтування проектних рішень, визначення обсягів основних будівельних робіт, потреб в обладнанні, будівельних матеріалах та конструкціях, положень з організації будівництва, а також визначення кошторисної вартості будівництва [11]. Матеріали П у повному обсязі передаються замовнику генеральним проєктувальником на паперовому (у чотирьох примірниках) та електронному носіях, субпідрядним проєктувальником – генеральному проєктувальнику в п'яти примірниках [11].

*Робочий проєкт (РП)* розробляється для технічно нескладних об'єктів, а також об'єктів із застосуванням проєктів (проектних рішень) повторного використання на підставі вихідних даних та схваленої при двостадійному проектуванні попередньої стадії [11]. РП розробляється для визначення містобудівних, архітектурних, художніх, екологічних, технічних, технологічних,



інженерних рішень об'єкта, кошторисної вартості будівництва й виконання будівельних робіт. РП є інтегруючою стадією проектування й складається з двох частин – затвердженої та робочої документації. Для виконання будівельних робіт видається робоча документація у повному обсязі. Затверджувана частина РП та робоча документація передаються замовнику на паперовому (у чотирьох примірниках) та електронному носіях.

*Склад проекту (затвердженої частини РП) на будівництво об'єктів виробничого призначення.*

*1. Пояснювальна записка:*

1. Вихідні дані для проектування.  
2. Коротка характеристика об'єкта будівництва та його склад: проектна потужність, номенклатура, технічний рівень продукції, сировинна база; результати розрахунків чисельного та професійно-кваліфікаційного складу працівників; кількість та оснащеність робочих місць; відомості про організацію, спеціалізацію та кооперування основного та допоміжного виробництв [11].

3. Дані інженерних вишукувань.

4. Відомості про потреби в паливі, воді, тепловій та електричній енергії, заходи щодо енергозбереження та ін., окремо на власні потреби та технологію.

5. Дані про ефективність капітальних вкладень (за необхідності).

6. Показники та основні рішення по запропонованому генеральному плану, інженерних мережах і комунікаціях.

8. Відомості про інженерний захист територій. Охорона праці.

9. Розділи щодо інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони).

10. Оцінка ефективності прийнятих рішень і порівняння техніко-економічних показників проекту з показниками, які схвалені в ТЕО (ТЕР).

11. Розділ із науково-технічного супроводу (у разі потреби).

12. Відомості з обсягами робіт.

13. Розрахунок класу наслідків (відповідальності) та категорії складності відповідно до ДСТУ–Н Б В.1.2–16.

*2. Генеральний план і транспорт.* Коротка характеристика району будівництва та будівельного майданчика. Основні рішення та показники по генеральному плану, транспорту. Планувальні рішення. Проект розміщення інженерних мереж та комунікацій. Організація охорони підприємства (будинку, споруди).

*3. Основні кресленики.* Ситуаційний план розміщення підприємства, будинку або споруди із зазначенням на ньому зовнішніх комунікацій, мереж (існуючих та проєктованих) і території, призначеної під забудову

в одному з таких масштабів 1:2000, 1:5000 або 1:10 000 [11]. Генеральний план, на який наносяться будинки та споруди (існуючі та проєктовані, ті, що реконструюються й підлягають знесенню), об'єкти охорони навколишнього природного середовища й благоустрою, озеленення та спеціальні рішення про розміщення внутрішньомайданчикових інженерних мереж і транспортних комунікацій, планувальні відмітки території та мережі, які входять до пускових комплексів у масштабі 1:500 або 1:1000 [11]. Окремо надається картограма земляних робіт.

*4. Технологічна частина.* Дані про виробничі та розрахункові програми:

- 1) коротка характеристика й обґрунтування рішень щодо прийнятої технології виробництва;
- 2) виділення технологічних вузлів;
- 3) рішення із застосування маловідходних та безвідходних процесів і виробництв;
- 4) дані про верстатомісткість та трудомісткість виготовлення продукції, механізацію та автоматизацію технологічних процесів;
- 5) склад та обґрунтування обладнання, яке застосовується, пусконаладжувальні роботи; кількість робочих місць та їхня оснащеність;
- 6) чисельність працівників за категоріями і кваліфікацією;
- 7) рішення з організації ремонтного господарства;
- 8) дані про кількість та склад шкідливих викидів в атмосферу та водні джерела;
- 9) характеристика цехових і міжцехових комунікацій;
- 10) рішення з теплопостачання, електропостачання та електрообладнання;
- 11) пропозиції з експлуатації електроустановок;
- 12) паливно-енергетичний та матеріальний баланси технологічних процесів;
- 13) інженерні рішення щодо протипожежних заходів;
- 14) рішення щодо енергозбереження та застосування енергозберігаючих технологій [11].

*Основні кресленики до технологічної системи:*

1. Принципові схеми технологічних процесів
2. Технологічні компонування або планування по корпусах (цехах) із вказівками розміщення великого, унікального устаткування та транспортних засобів
3. Схеми вантажопотоків (для великих підприємств)
4. Принципові схеми електропостачання підприємства.
5. Схеми трас магістральних і розподільних теплових мереж

#### 5. Архітектурно-будівельні рішення:

1. Коротка характеристика району ділянки будівництва.  
2. Короткий опис та обґрунтування архітектурно-будівельних рішень об'єкту будівництва [11].

3. Обґрунтування принципів рішень з побутового та санітарного обслуговування працюючих, освітлення робочих місць, зниження виробничих шумів та вібрацій. Заходи щодо електро-, вибухо- і пожежобезпеки, захисту будівельних конструкцій, мереж та споруд від корозії. Основні рішення з водопостачання, каналізації, опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Рішення з енергозбереження [11].

4. Переліки індивідуальних проєктів і проєктів (проєктних рішень) повторного використання.

5. Рішення з доступності об'єкту для маломобільних груп населення.

#### *Основні кресленики до архітектурно-будівельних рішень:*

1. Схеми розташування фундаментів, плани поверхів, розрізи та фасади основних будинків і споруд зі схематичним зображенням основних несучих та огорожувальних конструкцій в одному з таких масштабів: 1:50, 1:100 або 1:200, основні вузли спряження конструктивних елементів, схеми армування монолітних залізобетонних конструкцій, деталі утеплення огорожувальних конструкцій у масштабі 1:25 [11].

2. Перелік будинків та споруд із вказівкою використаних індивідуальних проєктів і проєктів повторного використання.

3. План трас зовнішніх і транспортних комунікацій, внутрішньомайданчикових мереж (для всіх підприємств і споруд) та профілів даних (для великих підприємств і споруд).

6. *Організація будівництва.* Склад, обсяг та зміст проєктної документації розділу встановлюються відповідно до вимог та рекомендацій ДБН А.3.1-5 [11].

7. *Кошторисна документація.* Склад, обсяг та зміст кошторисної документації визначаються відповідно до ДСТУ Б Д.1.1-1 [11].

*Робоча документація (Р)* розробляється на підставі затвердженої попередньої стадії (проєкту або робочого проєкту).

Робоча документація складається з:

- 1) робочих креслеників;
- 2) паспорту опоряджувальних робіт;
- 3) кошторисної документації;
- 4) специфікації обладнання, виробів і матеріалів;
- 5) габаритних креслеників на відповідні види обладнання та виробів;
- 6) робочої документації на будівельні вироби;
- 7) ескізних креслеників загальних видів нетипових виробів.

Окрім того, до складу Р для будівництва повинні входити:

1) переліки робіт, для яких необхідне складання актів на приховані роботи та актів проміжного прийняття відповідальних конструкцій;

2) вихідні вимоги щодо розроблення конструкторської документації на обладнання індивідуального виготовлення (включаючи нетипове та нестандартизоване обладнання), за якими вихідні вимоги на попередніх стадіях не розробляються.

Робочі кресленики, кошторисна документація, специфікації обладнання, виробів і матеріалів, кресленики металевих конструкцій, трубопроводів, повітропроводів, а також інша проєктна документація на будівництво об'єктів передаються замовнику на паперовому та електронному носіях [11].

### ***1.2.5 Класифікація механоскладальних цехів машинобудівних заводів***

При розробці проєктів технічного переозброєння, реконструкції або розширення діючого виробництва, при проєктуванні нового цеху необхідно забезпечити високі техніко-економічні показники виробництва. Важливо, щоб до моменту введення в експлуатацію нове виробництво за рівнем автоматизації, якості й собівартості продукції, що випускається, умов праці робітників та іншими показниками не поступалося аналогічним існуючим виробництвам.

Основою будь-якого виробництва є технологічний процес, який є частиною виробничого процесу та включає в себе послідовну зміну розмірів, форми, зовнішнього вигляду або властивостей предмета виробництва та їхній контроль [16].

Для сучасного механоскладального виробництва властивий високий рівень автоматизації виробничих процесів, тому технологічне обладнання повинне не тільки забезпечувати автоматизацію обробки або складання, але й стикуватися з обладнанням і технічними засобами, що об'єднують окремі види технологічного обладнання у єдиний автоматизований виробничий процес. Механоскладальні цехи машинобудівних підприємств класифікують за найбільш характерними ознаками: за серійністю виробництва, рівнем автоматизації та механізації виробничих процесів, характером конструкції та масою виробів, рівнем точності виробів, що виготовляються в цеху.

**Класифікація цехів за серійністю виробництва.** За типом виробництва в залежності від серійності розрізняють цехи одиничного, серійного і масового виробництва. У свою чергу, серійне виробництво розділяють на дрібно-, середньо- і великосерійне. Тип виробництва визначають за коефіцієнтом закріплення операцій (по ГОСТ 14004–74). По-іншому його називають коефіцієнтом серійності [17]:

$$K_{zo} = \frac{O}{C_n}, \quad (1.5)$$

де  $O$  – загальна кількість операцій, які виконують на виробничій ділянці, шт.;

$C_n$  – кількість одиниць технологічного устаткування на ділянці, шт.

Значення  $K_{zo}$ , яке рекомендує ГОСТ 3.1108–83, дещо відрізняється від даних по ГОСТ 14004–74, але це не є помилкою.

*Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця визначення  $K_{zo}$*

	$K_{zo.од.}$	$K_{zo.мс.}$	$K_{zo.с.}$	$K_{zo.вс.}$	$K_{zo.м.}$
ГОСТ 14004–74	> 40	20...40	5...20	3...5	1...3
ГОСТ 3.1108–83	> 40	20...40	10...20	1...10	1

Для *одиничного виробництва* характерні широка номенклатура виробів, малий обсяг випуску, відсутність повторення, нерухомість об'єкта складання, універсальний характер обладнання [16].

*Серійне виробництво* характеризується обмеженою номенклатурою виробів, які виготовляються серіями різних розмірів періодично, регулярно, у деяких випадках – безперервно, порівняно великими обсягами випуску, обмеженою кількістю операцій, які закріплені за окремим верстатом або групою верстатів [16]. Для серійного виробництва характерне використання універсального обладнання зі спеціальним та спеціалізованим оснащенням; об'єкт складання нерухомий, а складальники рухаються від одного робочого місця до іншого. Для великосерійного виробництва характерне використання переважно спеціального, напівавтоматичного обладнання; складання рухливе, потокове, з переміщенням виробу між робочими місцями.

*Масове виробництво* характеризується вузькою номенклатурою і великим обсягом випуску виробів, які випускають безперервно протягом тривалого часу з використанням автоматичних ліній, спеціальних і спеціалізованих верстатів зі спеціальним оснащенням, що працюють довгий

час без переналагодження, а також потоковим рухливим складанням, переважно на конвеєрах [18].

Тип виробництва характеризується середньою кількістю операцій, що виконуються на одному робочому місці, а це, у свою чергу, визначають ступінь спеціалізації і особливості обладнання, яке використовується. У межах одного цеху на різних дільницях можуть бути різні типи виробництва. Це залежить від тривалості кожної операції технологічного процесу виготовлення на дільниці деталей або виробів. Так, наприклад, виготовлення базових деталей верстата може бути організоване за принципом великосерійного або масового виробництва, у той час як на дільницях для виготовлення виробів типу тіл обертання може бути середньосерійне або дрібносерійне виробництво. Це пов'язане з тим, що трудомісткість обробки базових деталей у десятки разів вище трудомісткості виготовлення деталей типу тіл обертання. Тому тип виробництва цеху або машинобудівного підприємства встановлюють залежно від типу виробництва, характерного для найбільшої кількості робочих місць.

На початкових етапах проєктування тип виробництва можна орієнтовно визначити в залежності від програми випуску й маси виготовлених деталей за даними, наведеними в таблицях Б.2, Б.3, Б.4 (додаток Б) [13; 14]. Далі, по ходу виконання технологічних розробок, дані про тип виробництва уточнюють.

Необхідно мати на увазі, що поділ на типи виробництва умовний, а також що при широкому розвитку гнучких виробничих систем (ГВС) будуть поступово стиратися існуючі відмінності в обладнанні виробництва різного типу.

Склад технологічного обладнання сучасних цехів механоскладального виробництва визначається з урахуванням наступних тенденцій у технології виробництва машин: інтенсифікація технологічних процесів; підвищення якості обробки деталей і складання машин; комплексна автоматизація виробничих процесів; підвищення продуктивності праці й рентабельності виробництва; розвиток автоматизації виробництва, а також сучасні тенденції в машинобудуванні, що характеризуються збільшенням питомої ваги багатомономенклатурного серійного виробництва й скороченням тривалості випуску виробів в умовах масового виробництва, що зумовить створення й широке впровадження ГВС. В останні роки характерна тенденція збільшення відносної частини серійного виробництва (більше ніж 75–80 % виробів).

***Класифікація цехів за рівнем автоматизації та механізації виробничих процесів.*** Кожний з існуючих типів виробництва має свої відмінності: якщо для великосерійного й масового виробництва характерні комплек-

сна механізація і відмінний рівень автоматизації, аж до комплексно-автоматизованих цехів і машинобудівних підприємств на основі автоматичних ліній, у тому числі гнучких, то для середньосерійного, дрібносерійного й одиничного виробництва будь-який рівень механізації і автоматизації може бути встановлений завданням на проєктування.

***Класифікація цехів за характером конструкції і маси виробів.***

Від цього залежить потреба проєктованого цеху в кранових прогонах і визначення вантажопідйомності кранів, інших транспортних засобів, розмірів колон та їхня сітка. Класифікація представлена в таблиці Б.5 (додаток Б). За кількістю встановлених верстатів цехи розподіляють на малі, середні та великі (див. табл. Б.5).

***Класифікація цехів за рівнем точності виготовлених виробів.***

Оцінка відбувається за середнім квалітетом [19]:

$$K_{m.cер} = \frac{\sum(K_{mi} \cdot n_i)}{\sum n_i} \quad (1.6)$$

де  $K_{mi}$  – квалітет  $i$ -го виробу;

$n_i$  – кількість розмірів  $i$ -го квалітету.

Залежно від величини  $K_{m.cер}$  приймають рішення про доцільність будівництва термостійких цехів, цехів із напівавтоматичною примусовою припливно-витяжною вентиляцією або з природним повітрообміном. При  $K_{m.cер} \leq (5 - 6)$  – жорсткі технологічні вимоги до температурного режиму, відносної вологості, чистоти повітря й компоновальних рішень. При  $K_{m.cер} = (7 - 11)$  – істотно менші вимоги висувають до приміщень. Узагалі не ставлять технологічні вимоги до приміщень із природним повітрообміном при  $K_{m.cер} \geq 12$ .

Залежно від форми спеціалізації основних цехів розрізняють три види виробничої структури підприємства: технологічну, вузлову (предметну) й змішану. За методом виробництва розрізняють цехи потокового й непотокового виробництва. У свою чергу, механічні, складальні або механоскладальні цехи можуть бути організовані за вузловою (предметною), технологічною і змішаною ознаками (рис. 1.8). У першому випадку на заводі крім кількох механоскладальних цехів передбачають додатково цех загального складання виробів. Таку організацію використовують переважно в масовому й великосерійному виробництві і, як виняток, – у одиничному й дрібносерійному виробництві, якщо маємо велику номенклатуру виробів. У другому випадку завод має кілька механічних цехів

і самостійний складальний цех. Така форма організації характерна для одиничного й серійного виробництва. Вона дає можливість використовувати груповий метод обробки деталей.

При *предметній (вузловій) структурі* основні цехи спеціалізуються на виготовленні якого-небудь виробу або групи однорідних виробів, вузлів, деталей із застосуванням різноманітних технологічних процесів.

У цехах вузлової або предметної спеціалізації здійснюється замкнутий цикл виробництва, тому їх часто називають предметно-замкнутими. Предметна форма побудови виробничої структури характерна для підприємств великосерійного й масового виробництва. У середньосерійному та дрібносерійному виробництві також може бути присутня предметна структура. Тоді на основі широкої уніфікації деталей і вузлів різних виробів створюються умови для їхнього виробництва в значних масштабах.

Основна перевага предметної структури – скорочення тривалості виробничого циклу виготовлення продукції, яке обумовлене більш сприятливими умовами для впровадження нової техніки, механізації й автоматизації виробництва; розміщення устаткування по ходу технологічного процесу, що створює передумови впровадження потокових методів організації виробництва. Також спрощується міжцехове оперативно-календарне планування й регулювання виробництва. При цьому є деякі недоліки: кожен цех повинен мати повний комплект устаткування, необхідного для виготовлення продукції, що призводить до збільшення загальної кількості устаткування на підприємстві; частину устаткування неможливо повністю завантажити через відносно невеликий обсяг робіт певного виду в цеху.

При *технологічній структурі* кожен основний цех підприємства спеціалізується на виконанні певної частини (стадії) загального технологічного процесу, здійснюючи її за всіма видами основної продукції, що випускає підприємство. Цехи й дільниці створюються за принципом технологічної однорідності виконуваних робіт або виробничих процесів з виготовлення різних виробів. Технологічна структура характерна переважно для підприємств одиничного й дрібносерійного виробництва з великою номенклатурою виробленої продукції. Технологічна структура застосовується на підприємствах великосерійного й масового виробництва, де в силу галузевих особливостей і специфіки виробничого процесу основні цехи доцільно формувати тільки за технологічним принципом (наприклад, металургійні підприємства).

Основна перевага технологічної структури в тому, що забезпечується більш повне завантаження устаткування; полегшується керівництво цехом, через здійснення єдиної технічної політики в основних цехах.



У технологічної структури є ряд істотних недоліків: розміщення устаткування в технологічно однорідних групах призводить до складних маршрутів руху предметів праці, подовжує внутрішні перевезення й збільшує тривалість виробничого циклу; ускладнюється міжцехове внутрішньозаводське оперативно-календарне планування й регулювання виробництва.

З розвитком спеціалізації виробництва, стандартизації й уніфікації виробів та їхніх частин технологічний принцип формування цехів усе більше доповнюється предметним принципом.

Найбільш поширена на практиці змішана (предметно-технологічна) структура, при якій частина основних цехів побудована за технологічним принципом, а частина – за предметним. Ця структура особливо характерна для машинобудівних заводів із масовим і серійним типом виробництва при великій номенклатурі виробів (рис. 1.8).

Виготовлення стандартних деталей, а також великої кількості вузлів і деталей широкого застосування у звичайних випадках здійснюють в окремих цехах незалежно від організації основного виробництва.

У перспективі спеціалізація підприємств машинобудівного профілю буде розвиватися за такими основними напрямками: предметна (виробництво закінченого «предмету»), подетальна (заводи деталей та вузлів), технологічна (однотипні заготівельні виробництва, наприклад заводи з випуску заготовок литтям, куванням, штампуванням).

Здійснення спеціалізації повинне вирішуватися одночасно зі стандартизацією, нормалізацією, уніфікацією, взаємозамінністю деталей, вузлів, агрегатів або цілих виробів з однаковим функціональним призначенням. Кооперування між підприємствами буде вирішуватися в певних формах зв'язку, наприклад у вигляді поставок спеціалізованими заводами заготовок, напівфабрикатів (технологічна кооперація) окремих деталей (подетальна), вузлів чи агрегатів (предметна), або у вигляді виконання окремих технологічних операцій (за рахунок використання вільного або недостатньо завантаженого обладнання).

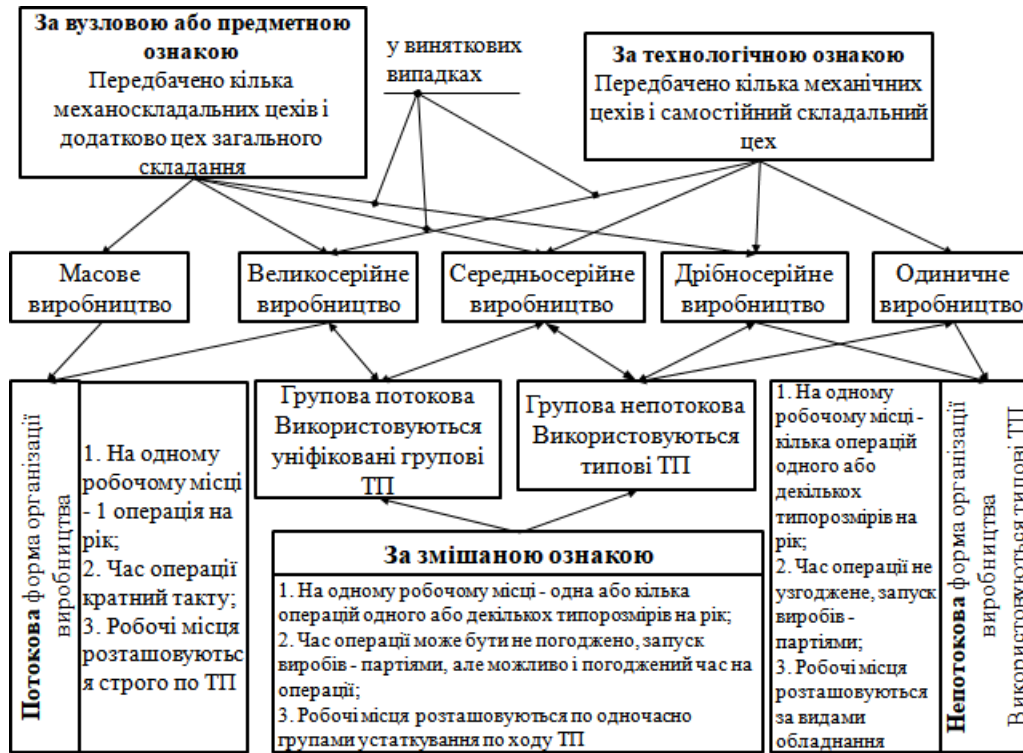


Рисунок 1.8 – Класифікація цехів за видами виробничої структури підприємства

Кооперування також можливе між підприємствами в регіоні, які забезпечать ремонт системи інструментального господарства, джерел постачання електроенергії, тепла, води, кисню, стиснутого повітря, під'їзних шляхів, житловим та культурно-побутовим будівництвом, закладами охорони здоров'я.

### Контрольні питання

1. Розкрийте зміст техніко-економічного обґрунтування на проектування виробництва.
2. Класифікація механоскладальних виробництв.
3. Перелічіть початкові дані для проектування виробництва.
4. Перелічіть основні техніко-економічні показники машинобудівних підприємств.
5. Перелічіть основні стадії проектування промислових підприємств.

### ***1.3 Основні положення з вибору складу та кількості технологічного устаткування й чисельності працівників***

1. Основні положення з вибору номенклатури технологічного устаткування
2. Методи визначення виробничої програми випуску
3. Методи визначення трудомісткості й верстатомісткості
4. Основні поняття про режим роботи та фонди робочого часу
5. Методи визначення кількості основного технологічного обладнання та місць складання
6. Методи розрахунку кількості працівників у цеху

#### ***1.3.1 Основні положення з вибору номенклатури технологічного устаткування***

Проект нового цеху, реконструкції або переозброєння діючого виробництва повинен забезпечити необхідні техніко-економічні показники виробництва на момент його введення в експлуатацію. Сучасне технічне обладнання повинно забезпечити крім автоматизації обробки або складання можливість стикування з устаткуванням і технічними засобами з метою створення суцільного автоматизованого виробничого процесу. Наприклад, верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ) повинні відповідати технічному рівню промислових роботів, системи ЧПУ – із можливістю комп'ютерної техніки та програмного забезпечення і т. д.

Основою виробничого процесу, який буде реалізовано на технологічному обладнанні, є технологічний процес виготовлення деталей (виробів). Основні вимоги, які висувають до технологічного процесу механічної обробки:

1) процес обробки необхідно проводити у відповідності з раціональною організаційною формою виробництва;

2) необхідно забезпечити найбільш повне використання всіх технічних можливостей верстату, інструменту та пристосувань за умови оптимальних режимів різання металу, що дозволяють верстати, із мінімальними витратами часу й собівартістю обробки. Тому при розробці технологічних процесів необхідно керуватися такими основними напрямками:

- концентрація операцій;
- інтенсифікація процесу обробки;

- скорочення допоміжного часу;
- використання високопродуктивного обладнання;
- збільшення питомої ваги верстатів із ЧПК і верстатів для фінішних операцій;
- використання високоякісного інструменту;
- використання прогресивних методів отримання заготовок;
- упровадження поточкових методів виробництва.

Побудова технологічного процесу в залежності від серійності конкретного виробництва має свої особливості. Характер і склад технологічного обладнання найбільшою мірою визначається типом виробництва (рис. 1.9). Необхідно також урахувувати такі основні тенденції в технології виробництва машин: інтенсифікацію технологічних процесів; підвищення якості обробки й складання; комплексну автоматизацію виробничих процесів; підвищення продуктивності праці й рентабельності виробництва.



Рисунок 1.9 – Визначення номенклатури технологічного обладнання [18]

В умовах масового й великосерійного виробництва з метою інтенсифікації широко використовують агрегатні верстати й автоматичні лінії на їхній основі. Традиційні одно- і багатошпindelні автомати оснащують системами ЧПК для забезпечення можливості швидкої переналадки. Ефективність обробки підвищують інтенсифікацією режимів різання. Підвищення точності обробки забезпечують використанням інструменту з надтвердих матеріалів.

В умовах серійного виробництва широко використовують верстати з ЧПК та оброблювальні центри, які оснащують інструментальними магазинами. Вони дозволяють концентрувати технологічні переходи й значно скоротити допоміжний час (у 3–4 рази). Відмінні результати дає використання в умовах серійного виробництва верстатів із ЧПК зі змінними багатопиндельними головками, агрегатних верстатів із ЧПК для багатосторонньої обробки, верстатів із паралельною кінематикою, а також гнучких виробничих систем (ГВС).

У масовому й великосерійному виробництві складання виконують із використанням автоматичних і автоматизованих складальних ліній та складальних конвеєрів. Однак існують приклади використання при такому типі виробництва стендового складання. При цьому деяке підвищення трудомісткості компенсують забезпеченням кращої якості складання та виключенням монотонності складального процесу.

В умовах середньосерійного, дрібносерійного й одиничного виробництва використовують складальні стенди, які оснащують пристроями та механізованим інструментом. Автоматизовані складальні місця оснащують складальними роботами з автоматичною заміною змінних захоплювачів. На їхній основі створюють ГВС складання [16; 18; 19].

Основним критерієм вибору складу обладнання цеху й складальних дільниць є мінімальні приведені витрати  $B$  на річний випуск [18]:

$$B = C + E_n \cdot K \rightarrow \min \quad (1.7)$$

де  $C$  – собівартість річного випуску;

$E_n = 0,15$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$K$  – капітальні вкладення, розраховані на річний обсяг продукції, які враховують вартість обладнання, інструменту, будівель, витрати на незавершене виробництво, житлове й культурно-побутове будівництво.

### ***1.3.2 Методи визначення виробничої програми випуску***

Виробнича програма є базою для проєктування цеху. У залежності від типу виробництва, характеру продукції, що відпускається, та стадії проєктування може бути точною, приведеною та умовною.

*Метод проєктування за точною програмою* передбачає розробку детальних технологічних процесів обробки або складання з технічним нормуванням на всі деталі або складальні одиниці, що входять у виробничу програму.

Цей метод застосовують для проєктування дільниць, відділень і цехів у великосерійному й масовому виробництві. У цьому випадку виробнича програма представлена як відомість, що включає перелік всіх деталей або складальних одиниць, які підлягають обробці або складанню в цеху, із зазначенням їхньої кількості та маси, а для механічних цехів – виду заготовки й матеріалу.

Річна програма випуску  $N_{в.р.}$  розраховується, як

$$N_{в.р.} = \sum_{i=1}^n N_i, \quad (1.8)$$

де  $N_i$  – програма випуску  $i$ -го виробу;

$n$  – номенклатура виробів.

Проектування за приведеною програмою застосовують для цехів середньо- і дрібносерійного виробництва. При значній номенклатурі обсяг проєктних і технологічних розробок стає достатньо великим, тому для його скорочення реальну багатомономенклатурну програму замінюють приведеною, яка виражається обмеженою кількістю представників еквівалентної за трудомісткістю фактичної багатомономенклатурної програми.

Порядок розрахунку виробничої програми представлений далі.

1. Усі деталі або складальні одиниці розбивають на групи за конструктивними й технологічними ознаками (табл. В.1, додаток В).

2. У кожній групі вибирають деталь або складальну одиницю – представник, за якою далі ведуть розрахунки. На зазначені представники розробляють технологічні процеси обробки або складання й шляхом технічного нормування визначають трудомісткість їхньої обробки або складання.

У якості деталі або складальної одиниці – представника вибирають, як правило, деталь або складальну одиницю, яка характеризується найбільшим обсягом випуску й трудомісткістю виготовлення.

Рекомендуються наступні співвідношення маси  $m$  і річного обсягу випуску  $N$  виробу (деталі)-представника та інших об'єктів виробництва, що входять у групу [7]:

$$\begin{aligned} 0,5 \cdot m_{\max} &\subseteq m \subseteq 2 \cdot m_{\min} \\ 0,1 \cdot N_{\max} &\subseteq N \subseteq 10 \cdot N_{\min} \end{aligned} \quad (1.9)$$

де  $m_{\max}$ ,  $m_{\min}$  и  $N_{\max}$ ,  $N_{\min}$  – відповідно, найбільші й найменші значення маси й річної програми випуску об'єктів виробництва, що входять у зазначену групу. Якщо зазначені співвідношення не витримуються, необхідно групу розділити на дві або більше підгруп.

3. При реальному проектуванні будь-який об'єкт виробництва, що входить до групи, може бути приведений за трудомісткістю до представника, з урахуванням різниці в масі, програми випуску, складності обробки або складання та інших параметрів [19]. Загальний коефіцієнт приведення визначається, як

$$K = K_m K_{сер} K_{скл} K_n, \quad (1.10)$$

де  $K_m$ ,  $K_{сер}$ ,  $K_{скл}$ ,  $K_n$  – коефіцієнти приведення, відповідно, за масою, серійністю, складністю механічної обробки та коефіцієнт зведення, що враховує інші особливості об'єкта, такі як відмінність у точності виробу від виробу-представника (у верстатобудуванні), наявність комплектуючих поставок за кооперацією окремих вузлів або агрегатів та ін.

Коефіцієнт приведення за масою  $K_m$  враховує різницю в трудомісткості виробів, які мають різні маси. Для геометрично подібних деталей можна користуватися наступною формулою [9]:

$$K_m = \sqrt[3]{\left(\frac{Q_i}{Q}\right)^2}, \quad (1.11)$$

де  $Q_i$ ,  $Q$  – маси виробу, який приводять, та виробу-представника.

Коефіцієнти приведення, які враховують відмінності в масі складених виробів, визначають за формулами [9]:

$$K_{m1} = \sqrt[3]{\left(\frac{\sum Q_i}{\sum Q}\right)^2} \quad \text{або} \quad K_{m1} = \sqrt[3]{\left(\frac{\sum Q_i}{\sum Q}\right)}. \quad (1.12)$$

Перша формула придатна при великому обсязі приганяльних робіт, друга – при малому.

Коефіцієнт приведення за серійністю  $K_{сер}$  враховує зниження трудомісткості при використанні більш досконалого й продуктивного оснащення, збільшення серійності й визначається із співвідношення [9]

$$K_{сер} = \left(\frac{N}{N_i}\right)^a, \quad (1.13)$$

де  $N$ ,  $N_i$  – річні програми виробу-представника та виробу, що приводиться;  $a$  – показник ступеня ( $a = 0,15$  – для об'єктів легкого й середнього машинобудування;  $a = 0,2$  – для об'єктів важкого машинобудування).

Коефіцієнт приведення за складністю  $K_{скл}$  ураховує збільшення трудомісткості виробу, що приводиться, через наявність складних і оригінальних деталей або оригінальних елементів деталей, а також ураховує точність деталей, через точність верстатного обладнання, на якому вони обробляються, і визначається за формулою [9]

$$K_{скл} = \sqrt{\frac{H_i}{H} \cdot \frac{K_i}{K}}, \quad (1.14)$$

де  $H_i$ ,  $H$  – кількість оригінальних деталей у виробі, що приводиться, і виробі-представнику або кількість оригінальних елементів у деталі, що приводиться, і у виробі-представнику;

$K_i$ ,  $K$  – коефіцієнти, які залежать від класу точності верстата. Для виробів нормальної точності  $K = 1$ , підвищеної точності –  $K = 1,1$ , високої точності –  $K = 1,2$ . Вироби, які об'єднують в одну групу мають однаковий рівень складності (за конструкцією і механічною обробкою), при цьому приймають, що  $K_{скл}$  дорівнює одиниці. При механічній обробці коефіцієнт  $K_i$  ураховує середній квалітет точності  $T_{сер}$  і середнє значення параметра шорсткості поверхні деталі  $Ra_{сер}$  та визначається, як

$$K_i = K_{i1} \cdot K_{i2}. \quad (1.15)$$

Середнє значення квалітету точності виробу, що приводиться, та виробу-представника

$$T_{сер} = \frac{\sum(T_i \cdot n_i)}{\sum n_i}, \quad (1.16)$$

де  $T_i$  –  $i$ -й квалітет;

$n_i$  – кількість розмірів  $i$ -го квалітету.

За таблицею 1.2 визначається коефіцієнт  $K_{il}$  [19].

*Таблиця 1.2 – Коефіцієнт, який ураховує середній квалітет точності [8]*

$T_{сер}$	6	7	8	11	12	13
$K_{il}$	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8



Середнє значення параметра шорсткості поверхні виробу, що приводиться, та виробу-представника визначається за формулою

$$Ra_{сер} = \frac{\sum(Ra_j \cdot n_j)}{\sum n_j}, \quad (1.17)$$

де  $Ra_j$  –  $j$ -е значення  $Ra$ ;

$n_j$  – кількість поверхонь, що мають значення  $Ra_j$ .

За таблицею 1.3 визначається коефіцієнт  $K_{i2}$  [19].

Таблиця 1.3 – Коефіцієнт, який ураховує середнє значення параметра шорсткості поверхні [8]

$Ra_{сер}$	20	10	5	2,5	1,25	0,63
$K_{i2}$	0,95	0,97	1,0	1,1	1,2	1,4

4. Приведена програма для кожного виробу визначається за формулою

$$N_x = K \cdot N, \quad (1.18)$$

де  $K$  – загальний коефіцієнт приведення;

$N$  – річна програма виробу (деталі), що приводиться.

У результаті цього замість фактичної багатомноменклатурної програми отримують еквівалентну їй за трудомісткістю приведену програму, яка виражена обмеженою кількістю виробів-представників. За цією програмою здійснюють усі наступні розрахунки, зберігаючи, однак, незмінною загальну масу виробів для проектування транспорту й складів.

За результатами розрахунків складають відомість річної програми механічного цеху або подетальної річної виробничої програми (табл. В.2, додаток В).

Проектування за умовною програмою застосовують, коли неможливо точно визначити номенклатуру й технічні характеристики майбутніх машин (дослідне, одиничне виробництво). У цьому випадку програму задають умовним виробом, близьким за ознаками до виробу, який планується до виготовлення в цьому цеху.

Розрахунок за умовною програмою ведуть в основному при одиничному й дрібносерійному виробництві, що передбачає достатньо велику номенклатуру об'єктів виробництва або до неї входять вироби, конструкція яких у повному обсязі ще не розроблена, а іноді й не відома. В останньому

випадку завдання на проектування передбачають випуск продукції в одиницях маси або у вартісному вираженні. Для проектування вибирають умовні представники (деталі або вироби, на які є вихідні дані і за якими ведуть подальше проектування). Зазвичай у цьому випадку використовують середньогалузеві норми верстатомісткості або трудомісткості виготовлення однієї тонни аналогічних виробів.

Після визначення виробничої програми (точної, приведеної або умовної) необхідно підрахувати річну програму з урахуванням кількості деталей, що йдуть на запасні частини, на налагодження верстатів, і можливого браку виробництва. Таку програму ще називають *програмою запуску*:

$$N = N_x m \left( 1 + \frac{\alpha}{100} \right) \left( 1 + \frac{\beta}{100} \right), \quad (1.19)$$

де  $N$  – загальна річна програма цеху;

$N_x$  – програмне завдання випуску виробів за рік;

$m$  – кількість деталей в одному виробі;

$\alpha$  – процент деталей, які йдуть на запасні частини,  $\alpha = 0 \dots 10$  %;

$\beta$  – процент технічно неминучих виробничих втрат (деталі, що йдуть на випробування властивостей матеріалу, налагодження устаткування, а також браковані деталі),  $\beta = 2 \dots 6$  %.

### **1.3.3 Методи визначення трудомісткості й верстатомісткості**

При проектуванні цеху або дільниці необхідно мати достовірні дані про верстатомісткість та трудомісткість виробу.

Необхідність у розрахунках верстатомісткості й трудомісткості виникає на різних етапах проектування, а результати можуть бути використані у якості:

– проміжних розрахунків (для визначення кількості обладнання, кількості працівників, площ дільниць);

– остаточних розрахунків (для оцінки ефективності розроблених технологічних процесів і прийнятих проектних рішень).

*Верстатомісткість* – це час, витрачений верстатом (або верстатами) на виконання певного обсягу робіт у верстато-годинах ( $T_{в.г}$ ).

*Трудомісткість (технологічна)* – час, витрачений основним (виробничим) робочим (або робочими) на виконання певного обсягу робіт у людино-годинах ( $T_{л.г}$ ).

Зв'язок між трудомісткістю й верстатомісткістю можна представити орієнтовно у вигляді формули [7]

$$T_{в.г} = T_{л.г} \cdot K_{\bar{\sigma}}, \quad (1.20)$$

де  $K_{\bar{\sigma}}$  – середня кількість верстатів, яку обслуговує один робітник, або коефіцієнт багатостатного обслуговування. Коефіцієнт багатостатного обслуговування залежить від виду обладнання та може бути прийнятий за даними додатку В (таблиця В.4) [7; 8; 9]. Діапазон рекомендованих значень коефіцієнтів багатостатного обслуговування для одного й того ж виду обладнання визначається співвідношенням машинного часу й часу ручного обслуговування для завантаження верстатів при виготовленні визначених деталей, причому менші значення приймаються для дрібносерійного виробництва.

Середній коефіцієнт багатостатного обслуговування по цеху (дільниці) визначається за формулою [20]

$$K_{\bar{\sigma}(сеп)} = \frac{C_n - C_{н.б.}}{C_n} + \frac{C_{n1}}{K_{\bar{\sigma}1}} + \frac{C_{n2}}{K_{\bar{\sigma}2}} + \frac{C_{n3}}{K_{\bar{\sigma}3}} \dots + \frac{C_{ni}}{K_{\bar{\sigma}i}}, \quad (1.21)$$

де  $C_n$  – загальна кількість верстатів по цеху;

$C_{н.б.}$  – кількість верстатів багатостатного та бригадного обслуговування;

$C_{n1}, C_{n2}, C_{n3}, \dots, C_{ni}$  – кількість верстатів багатостатного або бригадного обслуговування по групах верстатів;

$K_{\bar{\sigma}1}, K_{\bar{\sigma}2}, K_{\bar{\sigma}3}, \dots, K_{\bar{\sigma}i}$  – кількість верстатів, що обслуговуються одним робочим (табл. В.4).

Укрупнені середні норми багатостатного обслуговування за типами виробництв наведені у таблиці 1.4 [20].

*Таблиця 1.4 – Укрупнені норми багатостатного обслуговування за типами виробництв*

Тип підприємства	Тип виробництва		
	Одиничне і дрібносерійне	Середньосерійне	Великосерійне і масове
Підприємства машинобудування і приладобудування	1,1	Не менше 1,3	1,9

Розрахункова трудомісткість складається з суми часу обробки на верстатах і часу ручних операцій, які нормують за технологічним процесом. За умови багатоверстатного обслуговування сумарний час обробки на верстатах, які обслуговує один робітник, розподіляють на кількість цих верстатів.

Розрізняють:

- 1) верстатомісткість (трудомісткість) операції;
- 2) верстатомісткість (трудомісткість) за сукупністю операцій, які виконуються на верстатах певних типів, моделей або за видами робіт;
- 3) верстатомісткість (трудомісткість) деталі за технологічним процесом виготовлення, обсягом і програмою випуску деталі (деталей) і т. д.

Щоб розрахувати кількість обладнання, необхідно визначити верстатомісткість виробу, тобто час, який витрачають на верстатах для його виготовлення (вимірюють у верстато-год).

Верстатомісткість окремих верстатних операцій за умови масового й великосерійного виробництва – це штучна норма часу  $T_{ум}$ , а за умови серійного, дрібносерійного і одиничного – штучно-калькуляційна норма  $T_{ум.к.}$ .

Залежно від етапу проектування, типу виробництва та інших факторів трудомісткість (верстатомісткість) можна визначити декількома методами.

*1.3.3.1 Метод визначення верстатомісткості за технологічним процесом (за точною програмою).* Верстатомісткість визначають шляхом нормування витрат часу на виконання окремих операцій по переходах. Цей метод як найбільш точний використовують переважно для масового й великосерійного виробництва. У загальному вигляді норму часу на операцію визначають за формулами:

а) для одиничного й дрібносерійного, а також серійного виробництва [21]:

$$T_{ум.к.} = T_o + T_\partial + T_{\partial\partial\partial} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \quad (1.22)$$

де  $T_{осн} = T_m$  (або  $T_{м.р}$ ) – машинний або машинно-ручний час;

$n$  – кількість деталей у партії;

$T_\partial$  – допоміжний час;

$T_{\partial\partial\partial}$  – додатковий час;

$T_{н.з.}$  – підготовчо-заклучний час;

б) для великосерійного й масового виробництва:

$$T_{ум} = T_o + T_\partial + T_{\partial\partial\partial}. \quad (1.23)$$

Основний час  $T_{осн}$  визначають розрахунковим шляхом або за нормативними таблицями.

Допоміжний час  $T_{\partial}$  залежить від виду робіт і розмірів верстатів, його складові визначають за нормативами та за сумою

$$T_{\partial} = T_{об.м} + T_{орг} + T_{пер.}, \quad (1.24)$$

де  $T_{об.м}$  – час на технічне обслуговування робочого місця, 1,0...3,5 % від  $T_{осн}$  (або за нормативами);

$T_{орг}$  – час на організаційне обслуговування робочого місця. Для великосерійного й масового виробництва 0,8...2,5 % від оперативного часу, який є сумою  $T_{опер.} = T_{осн.} + T_{\partial}$ .

Для одиничного, дрібно- і серійного виробництва іноді приймають:

–  $T_{об.м} + T_{орг} = 2...4\%$  від  $T_{опер}$  для більшості верстатів;

–  $T_{об.м} + T_{орг} = 3,5...7\%$  від  $T_{опер}$  для шліфувальних верстатів;

–  $T_{об.м} + T_{орг} = 8...13\%$  від  $T_{опер}$  для безцентрово-шліфувальних верстатів;

–  $T_{пер}$  – час на перерви й природні потреби. Для одиничного виробництва  $T_{пер} = 4...6\%$  від  $T_{опер}$ .

Верстатомісткість технологічного процесу виготовлення деталі  $T_{ТПв.г.}$  визначається сумою штучного або штучно-калькуляційного часу за всіма його операціями (сумою верстатомісткість операцій):

– для масового виробництва [8]

$$T_{ТПв.г.} = \sum_{i=1}^m T_{в.г.}^i = \frac{\sum_{i=1}^m T_{умi}}{60}; \quad (1.25)$$

– для серійного виробництва

$$T_{ТПв.г.} = \sum_{i=1}^m T_{в.г.}^i = \frac{\sum_{i=1}^m T_{ум.кi}}{60}, \quad (1.26)$$

де  $i$  – порядковий номер технологічної операції виготовлення деталі;  
 $m$  – кількість технологічних операцій виготовлення деталі, шт.

Верстатомісткість сукупності технологічних операцій виготовлення деталі за видами робіт ( $T_{Рв.г.}$ ), а також робіт, що здійснюються на верстатах

певних типів ( $T_{Тст.ч}$ ) або моделей верстатів ( $T_{Мст.ч}$ ), визначається сумою штучного або штучно-калькуляційного часу виконання цих технологічних операцій (сумою верстатомісткості цих операцій).

Верстатомісткість річного ( $T_{Nв.г.}$ ), квартального ( $T_{(N/4)в.г.}$ ), місячного ( $T_{(N/12)в.г.}$ ) обсягу випуску деталі на окремій технологічній операції визначається добутком величини річного (квартального, місячного) обсягу випуску даної деталі й верстатомісткості технологічної операції її виготовлення.

*1.3.3.2 Метод визначення верстатомісткості за приведеною програмою.* При проектуванні за приведеною програмою трудомісткість обробки або складання виробів-представників отримують шляхом технічного нормування операцій обробки або складання. Трудомісткість обробки або складання інших деталей або виробів знаходять за допомогою коефіцієнта приведення:

$$T_i = T \cdot K_{np}, \quad (1.27)$$

де  $T_i$  і  $T_{np}$  – трудомісткість виготовлення певної деталі або виробу цієї групи й деталі або виробу-представника;

$K_{np}$  – загальний коефіцієнт приведення для певної деталі або виробу.

*Визначення верстатомісткості методом порівняння.* Використовують при проектуванні цехів серійного, дрібносерійного й одиничного виробництва (для геометрично подібних деталей) [7]:

$$T_x = T^3 \sqrt[3]{\left(\frac{Q_x}{Q}\right)^2}, \quad (1.28)$$

де  $T_x$  – шукана верстатомісткість;

$T$  – відома верстатомісткість;

$Q_x$  – маса деталі із шуканою верстатомісткістю;

$Q$  – маса деталі з відомою верстатомісткістю.

Для визначення питомої верстатомісткості однієї тонни виробу

$$t_x = t \cdot 3 \sqrt[3]{\frac{Q}{Q_x}}. \quad (1.29)$$

Для більш точних розрахунків замість одного коефіцієнта порівняння (коефіцієнта приведення за масою) використовується загальний коефіцієнт приведення, що складається з добутку коефіцієнтів, що враховують

різницю в масі, обсязі випуску, складності обробки та інших параметрів проектної деталі й деталі-аналога (див. формулу (1.9)).

*Метод визначення верстатомісткості за техніко-економічними показниками.* Цей метод використовують в одиничному та дрібносерійному виробництві при використанні маршрутних технологічних процесів. Він полягає в тому, що верстатомісткість обробки деталей, вузла або виробу визначають за даними проектів аналогічних виробництв.

Як техніко-економічний показник використовують питому верстатомісткість одного комплексу деталей виробу або однієї тонни маси виробу. Найчастіше використовують питому верстатомісткість однієї тонни маси виробу. У цьому випадку верстатомісткість виробу, що проектують,

$$T_x = t_x \cdot Q_x, \quad (1.30)$$

де  $t_x$  – питома верстатомісткість однієї тонни маси виробу, що проектують;

$Q_x$  – маса виробу, що проектують.

Питома верстатомісткість  $t_x$  визначається з урахуванням питомої верстатомісткості аналогічного виробу, верстатомісткість якого вже відома:

$$t_x = t \sqrt{\frac{Q}{Q_x}}; \quad t = \frac{T}{Q}, \quad (1.31)$$

де  $Q$  – маса виробу, верстатомісткість якого відома;

$T$  – відома верстатомісткість подібного виробу;

$t$  – питома верстатомісткість подібного виробу.

*1.3.3.3 Розрахунок верстатомісткості (трудомісткості) механічної обробки за заводськими нормами (матеріалами проектів, які виконані раніше).* При розробці проектів технічного переозброєння або реконструкції цехів, а також у тих випадках, коли об'єктом проектування є освоєний виріб, трудомісткість (верстатомісткість) виготовлення деталей цього виробу або трудомісткість його складання може бути визначена за заводськими даними з урахуванням перероблення норм і впровадження нової технології, засобів автоматизації та механізації виробничих процесів у виробництві, яке проектується.

Із цією метою в ході передпроектного обстеження виробництва виявляють реальні витрати часу на виготовлення деталей або складання виробу. Як правило, машинобудівні підприємства дають проектантам дані

про трудомісткість у нормо-годинах  $T_{н.г.}$ , які необхідно перевести в людино-години  $T_{л.г.}$  або у верстато-години  $T_{в.г.}$ , що є фактичною (заводською) трудомісткістю  $T_{ф.}$ :

$$T_{л.г.} = \frac{T_{н.г.}}{K_{пер}} = \frac{T_{н.г.} \cdot \beta}{100}, \quad (1.32)$$

де  $K_{пер}$  – коефіцієнт перероблення норм, який визначається, як  $K_{пер} = 100/\beta$ ;

$\beta$  – середній відсоток перевиконання норм, %.

На практиці проектування використовуються різні методики розрахунку верстатомісткості (трудомісткості) механічної обробки за заводськими нормами (матеріалами раніше виконаних проєктів):

– розрахунок верстатомісткості (трудомісткості) механічної обробки з використанням коефіцієнта, який урахує зменшення норм часу заводських норм з урахуванням підвищення продуктивності виконання технологічних операцій;

– розрахунок верстатомісткості (трудомісткості) механічної обробки шляхом корекції заводських норм з урахуванням зміни обсягу випуску виробів.

Першим методом величина верстатомісткості (трудомісткості) механічної обробки, яка приймається в проєкті технічного переозброєння виробництва, може бути визначена за фактичними заводськими нормами за допомогою використання коефіцієнта, який урахує зменшення норм часу за рахунок упровадження прогресивної технології виготовлення й використання більш продуктивних засобів технологічного оснащення [7]:

$$T_{пр} = \frac{T_{ф}}{K_{зм.ч.}}, \quad (1.33)$$

де  $T_{пр}$  – верстатомісткість (трудомісткість) обробки деталі (виробу), який проєктується;

$T_{ф}$  – фактична (досягнута) верстатомісткість (трудомісткість) обробки деталі за заводською технологією;

$K_{зм.ч.}$  – коефіцієнт, який урахує зменшення норм часу.

Визначення величини коефіцієнта  $K_{зм.ч.}$  залежить від досвіду й кваліфікації проєктанта, його вміння оцінити очікувані вдосконалення технології виготовлення в проєкті. За умови наявності на підприємстві випуску виробів, передбачених завданням, коефіцієнт  $K_{зм.ч.}$  може бути визначений розрахунковим методом за даними реального виробництва. У цьому випадку



на деякі деталі, що представляють окремі технологічні групи (деталі-представники), розробляються нові технологічні процеси й визначаються норми часу виконання окремих технологічних операцій. Отримані дані порівнюються з діючими нормами на аналогічні деталі (аналоги представників) за видами робіт. Визначають коефіцієнти посилення заводської нормованої верстатомісткості (трудомісткості) механічної обробки, що застосовуються для інших деталей групи [7]:

$$K_{з.м.ч.i} = \frac{T_{Рбаз.i}}{T_{Рпр.i}}, \quad (1.34)$$

де  $K_{з.м.ч.i}$  – коефіцієнт зменшення норм часу за  $i$ -м видом робіт;

$T_{Рбаз.i}$  – базова верстатомісткість (трудомісткість) виготовлення деталі-представника за  $i$ -м видом робіт;

$T_{Рпр.i}$  – проектна верстатомісткість (трудомісткість) виготовлення деталі-представника за  $i$ -м видом робіт.

При розробці проектів реконструкції дільниць і цехів, які супроводжуються зміною річних обсягів випуску об'єктів виробництва, верстатомісткість (трудомісткість) механічної обробки, яка приймається в проекті, може бути визначена шляхом корекції фактичних заводських норм з урахуванням зміни обсягу випуску виробів і зменшення норм часу виконання технологічних операцій [7]:

$$T_{пр} = T_{ф} \cdot K_{кор.}, \quad (1.35)$$

де  $K_{кор.}$  – коефіцієнт корекції фактичних заводських норм.

Величина  $K_{кор.}$  визначається технічним рівнем діючого виробництва, розміром партії запуску й складністю виготовленого виробу (чим складніше виготовляється, тим менше партія запуску й нижче технічний рівень діючого виробництва, тим менше величина коефіцієнта корекції, і навпаки).

При розрахунку верстатомісткості (трудомісткості) механічної обробки здійснюється групування деталей за конструкторсько-технологічними ознаками (табл. В.1) із подальшим визначенням середнього коефіцієнта корекції верстатомісткості (трудомісткості) деталей групи.

Для визначення середнього коефіцієнта корекції деталей групи на одну або кілька деталей-представників розробляється технологічний процес для проектного виробництва й визначаються норми часу виконання технологічних операцій. На підставі порівняльного аналізу отриманих

результатів із діючими заводськими нормами, при обліку зміни річних обсягів випуску деталей-представників, здійснюється визначення коефіцієнта корекції за кожним видом робіт [7]:

$$K_{кор_i} = \frac{\sum_{j=1}^k (T_{Прп_{ij}} \cdot N_{пр_j})}{\sum_{j=1}^k (T_{Рбаз_{ij}} \cdot N_{баз_j})}, \quad (1.36)$$

$K_{кор_i}$  – середній коефіцієнт корекції верстатомісткості (трудомісткості) деталей групи за  $i$ -м видом робіт;

$T_{Прп_{ij}}, T_{Рбаз_{ij}}$  – відповідно проектна та базова верстатомісткість (трудомісткість)  $j$ -ї деталі-представника за  $i$ -м видом робіт;

$N_{пр_j}, N_{баз_j}$  – відповідно, проектний і базовий річний обсяг випуску  $j$ -ї деталі-представника, шт.;

$k$  – кількість деталей-представників у групі, шт.

Отриманий шляхом розрахунків середній коефіцієнт корекції верстатомісткості (трудомісткості) механічної обробки відноситься до всіх деталей групи. Цей коефіцієнт використовується для визначення проектної верстатомісткості (трудомісткості) виготовлення всіх деталей групи без розробки технологічних процесів їхнього виготовлення.

Трудомісткість розмічальних, мийних, слюсарних та інших додаткових робіт передбачених технологічним процесом (у відсотках від верстатомісткості) залежить від виду виробництва й за нормативами дорівнює: 8...15 % – для одиничного й дрібносерійного; 5...10 % – для середньосерійного; 3...6 % – для великосерійного й масового [7].

*1.3.3.4 Визначення верстатомісткості методом укрупненого нормування.* Використовують переважно в одиничному й дрібносерійному виробництві. При укрупненому проектуванні, що застосовується на етапі техніко-економічного обґрунтування проекту (ТЕО), трудомісткість виготовлення деталей виробу на річний випуск може бути визначена за показниками трудомісткості механічної обробки комплекту деталей одного виробу  $T_{num.1}$  або з використанням масового показнику – 1 т виробу  $T_{num.2}$ .

При використанні першого показника сумарна трудомісткість виконання річної програми [7]

$$T_{\Sigma} = T_{num.1} \cdot N, \quad (1.37)$$

де  $N$  – річна програма випуску.

При використанні другого показника сумарна трудомісткість виконання річної програми [7]

$$T_{\Sigma} = T_{num.2} \cdot M_i \cdot N, \quad (1.38)$$

де  $M_i$  – маса виробу.

Зазначені показники трудомісткості визначають на основі аналізу трудомісткості виготовлення аналогічних виробів на діючих підприємствах України й за кордоном (додаток В, табл. В.4, В.5, В.6).

При укрупненому проектуванні трудомісткість складання виробу може бути визначена:

1) за показником трудомісткості складальних робіт на 1 т маси виробу, як розглянуто вище;

2) за даними заводів і раніше виконаних проектів у залежності від трудомісткості виготовлення деталей певного виробу (додаток В, табл. В.7, В.8).

### ***1.3.4 Основні поняття про режим роботи та фонди робочого часу***

Поняття «режим роботи» визначає кількість робочих днів у році або робочих змін на добу, або тривалість зміни в годинах. У машинобудівному виробництві робота може проводитися в одну, дві й три зміни. Кількість робочих змін залежить від тривалості виробничої програми й завантаження устаткування цеху. Розрізняють календарний, номінальний і дійсний фонд часу.

**Повний календарний фонд часу  $\Phi_k$**  – добуток кількості годин на добу на кількість днів у році:  $24 \cdot 365 = 8760$  годин; у високосний рік –  $24 \cdot 36 = 8784$  години [8].

**Номінальний (ефективний) фонд часу  $\Phi_n$**  – кількість годин на рік згідно з прийнятим режимом роботи виробництва без урахування різних втрат. Для працівників ураховується час відпустки.

**Дійсний річний фонд часу  $\Phi_d$**  – час, який може бути повністю використано на виробництві. При цьому враховуються втрати, пов'язані з черговою відпусткою, відпустками через хворобу чи навчання, скороченими робочими днями з різних причин. Утрати часу складають 10...12 % від  $\Phi_n$ . При розрахунку  $\Phi_d$  технологічного обладнання враховуються втрати, пов'язані з його простоюванням або планово-попереджувальним ремонтом, відсутністю працівника на роботі без поважних причин. Розрахункові дійсні фонди часу технологічного обладнання й працівників представлені в додатку В, табл. В.9, В.12.

### 1.3.5 Методи визначення кількості основного технологічного обладнання та місць складання

1.3.5.1 Визначення кількості основного технологічного обладнання для непотокового виробництва (за точною або приведеною програмами). В умовах непотокового виробництва деталі виготовляють партіями, а складання здійснюють серіями виробів або складальних одиниць.

1.3.5.1 Розрахунок кількості верстатів за точною (приведеною) програмою. При детальному проектуванні цехів і дільниць серійного виробництва кількість верстатів визначають по кожному типорозміру обладнання для кожної дільниці на основі даних про верстатомісткість деталей, закріплених для обробки за певною дільницею. Розрахункове значення кількості верстатів [20]:

$$C_p = \frac{T_{C\Sigma}}{\Phi_n} \quad \text{або} \quad C_p = \frac{T_{np-c}}{\Phi_n \cdot K_{пер-в}}, \quad (1.39)$$

де  $T_{C\Sigma}$  – проектна верстатомісткість, верстато-год;

$T_{np-c}$  – проектна верстатомісткість, нормо-год;

$\Phi_n$  – ефективний фонд роботи верстата, год

$K_{пер-в}$  – коефіцієнт можливого перевиконання норми, який дорівнює в серійному виробництві 1,1...1,2. У великосерійному й масовому виробництві  $K_{пер-в}$  не враховують.

Проектну верстатомісткість визначають за формулою [8]

$$T_{C\Sigma} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{t_{шт-кi,j} \cdot N_i}{60}, \quad (1.40)$$

де  $t_{шт-кi,j}$  – штучно-калькуляційний час на виконання  $j$ -ї операції, виготовлення  $i$ -ї деталі, верстато-год;

$N_i$  – річна програма випуску  $i$ -х деталей (або зведена програма випуску), шт.;

$n$  – кількість різноманітних деталей, які обробляються на верстаті певного типорозміру, шт.;

$m$  – кількість операцій обробки  $i$ -ї деталі на верстатах заданого типорозміру, шт.

1.3.5.2 *Укрупнений розрахунок кількості верстатів.* Розрахунок використовується для проектування в дрібносерійному та одиничному виробництві. Його основна перевага – відносно невелика трудомісткість. Кількість устаткування визначають за верстатомісткістю, що розрахована одним з укрупнених методів [8]:

$$C_p = \frac{T}{\Phi_n K_{з.сер.}}, \quad (1.41)$$

де  $T$  – верстатомісткість річного випуску деталей у верстато-годинах усіх виробів за програмою цеху;

$K_{з.сер.}$  – середній коефіцієнт завантаження, який визначається: 0,65...0,7 – для великосерійного, масового виробництва; 0,75...0,85 – для серійного виробництва; 0,8...0,9 – для дрібносерійного та одиничного виробництва.

Іноді під час розрахунку  $C_p$  використовують питому верстатомісткість однієї тонни маси виробів [8]:

$$C_p = \frac{t_x Q_x N_x}{\Phi_n K_{з.сер.}}, \quad (1.42)$$

де  $t_x$  – питома верстатомісткість однієї тонни виробів;

$Q_x$  – маса виробу, який проектується, т;

$N_x$  – річний випуск виробів, шт.

Отримане розрахункове значення  $C_p$  округлюють до більшої найближчої прийнятої кількості верстатів  $C_n$ .

Для визначення складу основного технологічного устаткування значення  $C_n$ , яке отримали, розподіляють по групах і типах, користуючись процентним співвідношенням, що розраховане за даними підприємств (додаток В, табл. В.10).

Ступінь завантаженості верстатів окремих типорозмірів характеризується коефіцієнтом завантаження устаткування [8]:

$$K = \frac{C_p}{C_n}, \quad (1.43)$$

а завантаження в цілому по ділянці або цеху – середнім коефіцієнтом завантаження устаткування [8]

$$K_{з.сеп.} = \frac{\sum C_{pi}}{\sum C_{ni}}, \quad (1.44)$$

де  $\sum C_{pi}$  – розрахункова кількість усіх верстатів на виробничій ділянці (у цеху);

$\sum C_{ni}$  – прийнята кількість усіх верстатів.

Розрахований коефіцієнт завантаження верстатів певного типорозміру не повинен перевищувати допустимих значень, приведених у табл. 1.5. Якщо коефіцієнт завантаження перевищує допустимі значення, необхідно ввести в розрахунок коефіцієнт використання  $K_v$ , що враховує можливе виникнення втрати часу.

Таблиця 1.5 – Допустимі значення коефіцієнтів завантаження та використання обладнання [20]

Група обладнання	Коефіцієнт завантаження обладнання, $K_z$		Коефіцієнт використання обладнання, $K_v$
	Максимальний	Середній по групі	
Універсальні верстати	0,95...1,0	0,8	0,9
Автомати й напівавтомати одношпиндельні	0,95...1,0	0,85	0,85
Автомати й напівавтомати багатшпиндельні	0,90	0,90	0,8
Спеціальні й агрегатні верстати	0,9	0,9	0,8
Автоматичні лінії із жорсткими зв'язками	0,95...1,0	0,9	0,75
Верстати з ЧПК	0,95	0,9	0,85

У цьому випадку прийнята кількість верстатів:

$$C_n = \frac{C_p}{K_v}, \quad (1.45)$$

Якщо  $C_p$  перевищує ціле число не більше ніж на 0,05...0,1, то з метою підвищення продуктивності обробки слід переглянути зміст цієї операції.

Кількість робочих місць (верстатів) при непотоковому складанні при детальному проектуванні визначають, виходячи з трудомісткості складальних операцій, технологічних особливостей одиниць і виробів, які складаються на виробничій ділянці.

Кількість складальних місць (стендів) кожного типу визначають за річною трудомісткістю виконуваних на цих стендах складальних робіт  $T_{\Sigma\text{скл}}$ , фонду часу робочого місця  $\Phi_{р.м.}$  і щільності роботи  $\rho$  [20]:

$$M_{\text{скл.р}} = \frac{T_{\Sigma\text{скл.}}}{\Phi_{р.м.} \cdot \rho}. \quad (1.46)$$

Щільність робіт  $\rho$  – це середня кількість робітників на одному робочому місці. Величину  $\rho$  визначають у залежності від габаритних розмірів виробу, що складається, характеру складальних робіт та інших факторів, що визначають можливість одночасної роботи складальників із різних сторін виробу (додаток В, табл. В.11). Дані про фонд часу робочих місць складання наведені в додатку В (табл. В.9).

Як і в разі визначення кількості верстатів, розрахункове значення  $M_{\text{скл.р}}$  округлюють до найближчого цілого числа, обчислюють коефіцієнт завантаження й прийняту кількість складальних місць  $M_{\text{скл.п.}}$ .

*1.3.5.2 Визначення кількості основного технологічного обладнання для потокового виробництва.* Основною розрахунковою величиною для потокового виробництва є *такт випуску*  $\tau$  – відрізок часу (у хвиликах), який витрачають на виготовлення деталі або складання вузла (виробу) [20]:

$$\tau = \frac{\Phi_n}{N} = \frac{60 \cdot \Phi_d \cdot n}{N}, \quad (1.47)$$

де  $\Phi_n$  – ефективний річний фонд часу роботи обладнання, год.;

$N$  – річна програма випуску, шт.;

$\Phi_d$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.;

$n$  – коефіцієнт, що враховує втрати з організаційно-технічних причин, від переналадки обладнання і т. д., приймається в діапазоні  $n = 0,6 \dots 0,9$ .

У разі розрахунків із годинною продуктивністю  $N_1$

$$\tau = \frac{60 \cdot n}{N_1}. \quad (1.48)$$

Такт роботи змінно-потокової лінії:

1) для декількох типів деталей з однаковою трудомісткістю виготовлення [17]

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_n \cdot n}{A + B + B}, \quad (1.49)$$

де  $A, B, B$  – річні програми деталей, шт.;

$n = 0,85 \dots 0,95$  у залежності від кількості переналадок;

2) для декількох типів деталей, які мають різні трудомісткості [17]

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_n \cdot n}{A_1 + B_1 k_1 + B_1 k_2 + \dots}, \quad (1.50)$$

де  $k_1$  – коефіцієнт, який ураховує відношення трудомісткості деталей  $B_1$  до  $A_1$ ;

$k_2$  – аналогічно  $B_1$  до  $A_1$  і т. д.,  $n \approx 0,95$ .

При потоковому виробництві необхідно забезпечити *синхронізацію операцій*, тобто приведення оперативного часу у відповідність з величиною такту, щоб створити безперервний потік [8]. Для цього весь процес обробки роз'єднують на окремі операції, які по можливості однакові за часом (але не перевищують величину такту) або кратні такту (при значному перевищенні величини такту).

Синхронізації операцій досягають різноманітними технологічними й організаційними заходами, а саме:

- 1) розділенням або об'єднанням операцій;
- 2) застосуванням оптимальних режимів різання, що наближає машинний час до величини такту;
- 3) застосуванням багатолезового й набірною інструменту (скорочує час на обробку);
- 4) одночасною обробкою декількох поверхонь деталі (скорочує час на обробку);
- 5) скороченням машинного й допоміжного часу (за рахунок використання засобів автоматизації і спеціальних верстатних пристосувань) та одночасною обробкою декількох деталей (зменшення штучного часу);
- 6) застосуванням спеціальних і спеціалізованих верстатів (скорочення машинного й допоміжного часу);
- 7) застосуванням паралельної роботи однотипних верстатів (дублерів) для операцій, час на виконання яких значно перевищує величину такту;
- 8) механізацією міжверстатного транспорту (підтримка такту роботи).
- 9) упровадженням у потік механічної обробки деталей обладнання для інших видів обробки (термічної обробки, зварювання і т. д.) – досягають безперервності потоку й підтримки такту роботи.

Верстати при потоковому виробництві розміщені в послідовності технологічних операцій. Розрахунок проводять по кожній операції.



Кількість верстатів на операцію розраховують за формулою [20]

$$C_p = \frac{T_{um}}{\tau}, \quad (1.51)$$

де  $T_{um}$  – штучний час виконання конкретної операції;

$\tau$  – такт випуску.

Загальна кількість верстатів потокової лінії

$$C_{n.z.} = \sum C_n. \quad (1.52)$$

Кількість робочих місць потокової лінії складання при детальному проектуванні також визначають для кожної складальної операції [8]:

$$M_{скл.p} = \frac{T_{um}}{\tau \cdot P}, \quad (1.53)$$

де  $M_{скл.p}$  – розрахункове значення кількості робочих місць на складальній позиції;

$P$  – кількість робочих на певному робочому місці.

Дробову розрахункову кількість робочих місць для складання  $M_{скл.p}$  округлюють до більшого найближчого цілого числа  $M_{скл.n}$ .

Для складання невеликих складальних одиниць потокові лінії зазвичай не передбачають. Необхідну кількість робочих місць для складання в цьому випадку визначають наступним чином [8]:

$$M_{скл.p} = \frac{T_{скл} \cdot N}{60 \cdot \Phi_{р.м} \cdot \rho}, \quad (1.54)$$

де  $T_{скл}$  – трудомісткість складання виробу, хв.;

$N$  – річна програма випуску, шт.

### **1.3.6 Методи розрахунку кількості працівників у цеху**

Склад і кількість працівників механоскладальних цехів визначаються особливостями виробничого процесу, ступенем його автоматизації, рівнем кооперації та спеціалізації допоміжних служб підприємства, структурою і ступенем автоматизації системи керування виробництвом.

Використання автоматичних ліній у великосерійному й масовому виробництві, верстатів із ЧПК і ГВС у серійному виробництві призводять до зменшення питомої ваги виробничих робітників у складі працівників механоскладальних цехів. Підвищення складності обладнання викликає ріст кількості інженерно-технічних працівників і допоміжних робітників.

Створення централізованих складів, централізованих ремонтних та інструментальних служб у масштабах корпусу, а іноді й підприємства сприяє зменшенню кількості допоміжних робітників. Кількість службовців (лічильно-конторського персоналу) скорочують завдяки впровадженню автоматизованих комп'ютерних систем та спеціальних програм.

Під час розробки ТЕО проектів застосовують укрупнені методи розрахунку кількості працівників. У процесі проектування результати коригують при уточненні структури цеху, планування обладнання, організації системи керування виробництвом.

*1.3.6.1 Розрахунок виробничих робітників механічних і складальних цехів* (верстатник, слюсар механоскладальних робіт, мийник-сушильник металу, слюсар-електромонтажник, оператор-наладчик, обслуговуючий модулі у ГВС, оператор автоматичних ліній, наладчик обладнання, наладчик обладнання автоматичних і потокових ліній, оператор пульта керування лінією верстатів та ін.). Кількість виробничих робітників, безпосередньо зайнятих виконанням операцій технологічного процесу, визначають за трудомісткістю або верстатомісткістю цих робіт за формулою [7]

$$P_{\text{скл.р}} = \frac{T}{\Phi_{\text{н.р.}}}, \quad (1.55)$$

де  $T$  – трудомісткість відповідного виду робіт, людино-год;

$\Phi_{\text{н.р.}}$  – ефективний річний фонд часу робочого (додаток В, табл. В.12).

Кількість верстатників при укрупнених розрахунках визначають за верстатомісткістю річного обсягу робіт або за прийнятою кількістю верстатів цеху (дільниці).

Для першого випадку [8]

$$P_{\text{в.р.}} = \frac{T_{\Sigma}}{\Phi_{\text{н.р.}} \cdot K_{\delta}}, \quad (1.56)$$

де  $T_{\Sigma}$  – сумарна верстатомісткість виготовлення деталей на верстатах цього типу, на дільниці або в цеху, верстато-год;

$K_{\delta}$  – коефіцієнт багатостанкового обслуговування (див. табл. 1.5).

У другому випадку кількість верстатників можна визначити також за кількістю верстатів  $\Sigma C_n$  цеху або дільниці [8]

$$P_{в.р.} = \frac{\Sigma C_n \cdot \Phi_n \cdot K_3 \cdot K_6}{\Phi_{н.р.} \cdot K_6}, \quad (1.57)$$

де  $K_3$  і  $K_6$  – коефіцієнти, відповідно, завантаження та використання обладнання (див. табл. 1.6). При укрупнених розрахунках для одиничного, дрібно- і середньосерійного виробництва слід приймати  $K_3 \cdot K_6 = 0,85$ , для великосерійного й масового  $K_3 \cdot K_6 = 0,8$ .

Кількість верстатників можна визначити також за кількістю верстатів  $\Sigma C_{н.гр}$  певної групи (токарних, розточувальних, фрезерувальних і т. д.):

$$P_{в.р.} = \frac{\Sigma C_{н.гр} \cdot \Phi_n \cdot K_3 \cdot K_6}{\Phi_{н.р.} \cdot K_6}. \quad (1.58)$$

Кількість складальників визначають за кількістю робочих місць  $M_{скл.п}$  за формулою [8]

$$P_{скл.р.} = \frac{M_{скл.п} \cdot \Phi_{н.м.} \cdot K_6 \cdot \rho}{\Phi_{н.р.}}, \quad (1.59)$$

де  $\Phi_{н.м.}$  – ефективний річний фонд часу робочого місця складальника (див. додаток В, табл. В.12);

$K_6$  – коефіцієнт використання для складання, приймають  $K_6 = 0,8$ .

Кількість розмітників і слюсарів-міжопераційників для міжопераційного складання визначається методом розрахунку за загальною трудомісткістю розмічувальних і слюсарних робіт ( $T_p$ ), яку для укрупнених розрахунків приймають у відсотках від трудомісткості верстатних робіт [20]:

$T_p = 1 \dots 3$  % – для масового, великосерійного виробництва;

$T_p = 3 \dots 5$  % – для дрібносерійного, серійного виробництва;

$T_p = 5 \dots 7$  % – для одиничного виробництва.

Норми для розрахунку кількості наладчиків устаткування, операторів-наладчиків, що обслуговують модулі у ГВС, операторів для обслуговування верстатів автоматичних ліній, наладчиків для обслуговування автоматичних ліній, операторів складальних поточкових (автоматизованих) ліній, наладчиків складальних поточкових (автоматизованих) ліній наведені в [20].

Прийняту кількість робітників розподіляють за змінами таким чином, щоб у першій зміні працювало все устаткування з повним завантаженням. Кількість виробничих робітників у першій зміні приймається у відсотках від загальної кількості виробничих робітників у залежності від типу виробництва [20]:

- одиничне й дрібносерійне – 40...60 %;
- середньосерійне – 55 %;
- великосерійне й масове – 50 %

Для одиничного й дрібносерійного виробництва: 40 % відповідає виробництву, у якому встановлено понад 50 % обладнання, що працює в тризмінному режимі; 60 % відповідає виробництву, у якому встановлено менше 20 % обладнання, що працює в тризмінному режимі.

*1.3.6.2 Розрахунок допоміжних робітників.* До допоміжних відносяться робітники, які виконують технічне обслуговування виробничих дільниць і ліній: робочі ремонтних та інструментальних служб, транспортні та підсобні робітники, прибиральники виробничих приміщень, робочі складів і комор та ін. Кількість допоміжних робітників визначають:

– при укрупненому проектуванні – як відсоток від кількості виробничих робітників;

– при детальному проектуванні допоміжних служб – за нормами обслуговування (із обслуговування підйомно-транспортного обладнання, стропальників, комірників цехових комор, допоміжних робочих для обслуговування ГВС) [20] або в залежності від трудомісткості виконуваного обсягу робіт.

У таблиці 1.6 наведені дані про співвідношення кількості допоміжних робітників цехового підпорядкування в залежності від кількості виробничих робітників цеху.

Зазначені співвідношення дані з урахуванням централізації всіх допоміжних служб і не враховують ремонтників із поточного ремонту та міжремонтного обслуговування технологічного, підйомно-транспортного обладнання та електрообладнання, слюсарів-інструментальників, заточувальників, наладчиків контрольно-вимірювальних приладів, робітників із приготування мастильно-охолоджуючих рідин, водіїв електрокарів і контролерів ВТК. Якщо робітники-ремонтники, заточувальники й слюсарі-інструментальники входять до складу цеху, то зазначені норми необхідно збільшити на 4...5 % [20].

Наведені у табл. 1.6 дані є орієнтовними, оскільки склад і кількість допоміжних робітників залежать від рівня автоматизації виробничих процесів. При розподілі загальної чисельності допоміжних робітників

за змінами можна приймати, що в першу зміну працюють у цехах одиничного й дрібносерійного виробництва 65 %, середньосерійного – 60 %, великосерійного й масового – 55 % допоміжних робітників [8].

Таблиця 1.6 – Кількість допоміжних робітників механічних і складальних цехів (% від кількості виробничих робітників)

Тип цеху або лінії	Тип виробництва			
	Одиничне та дрібносерійне	Середньосерійне	Великосерійне	Масове
Механічні	20...25	20...25	20...25	20...25
Автоматні	–	–	30...35	30...40
Автоматичні лінії	–	–	–	–
Складальні	20...25	20...25	20...25	20...25

Інженерно-технічні працівники (ІТП) – це категорія працівників, які виконують управління виробничим цехом і його структурними підрозділами (начальник цеху, його заступники, начальники відділень, дільниць, лабораторій, майстри), а також інженери-технологи, техніки, економісти, нормувальники, механіки, енергетики й т. д.

Укрупнене проектування передбачає визначення чисельності ІТП механічних цехів за нормами в залежності від кількості основних верстатів цеху, а ІТП складальних цехів – у залежності від кількості виробничих робітників.

У табл. 1.8 наведені норми для розрахунку кількості ІТП механічних і складальних цехів з урахуванням розробки технологічних процесів, їхнього нормування та розробки управляючих програм для верстатів ЧПК, а також проектування спеціальних пристосувань і інструментів працівниками відділу головного технолога й відділу праці та заробітної плати підприємства.

Великі значення норм відповідають кількості основних виробничих верстатів механічного цеху до 50 або кількості виробничих робітників складального цеху до 75, менші значення – кількості верстатів понад 400 і кількості виробничих робітників понад 700.

При укрупненому розрахунку кількості ІТП ( $P_{ИТП}$ ) у відсотках від загальної кількості робочих  $P_{\Sigma n}$  по цеху приймають наступні норми [21]:

- 7...10 % від  $P_{\Sigma n}$  – масове, серійне;
- 9...12 % від  $P_{\Sigma n}$  – у цехах із верстатами-автоматами й верстатами з ЧПК;
- 6...9 % від  $P_{\Sigma n}$  – дрібносерійне, одиничне.

Таблиця 1.7 – Норми для визначення чисельності ІТП механічних і складальних цехів [20]

Тип цеху	Кількість ІТП (% кількості основних верстатів механічного цеху або кількості виробничих робітників складального цеху) при типі виробництва			
	Одиничне та дрібносерійне	Середньо-серійне	Великосерійне	Масове
Механічний	24...18	22...16	21...15	20...15
Складальний	12...9	11...8	10...8	10...7

Норми для розрахунку кількості працівників технічного контролю для механічних цехів наведені у джерелі [20].

Кількість лічильно-конторського персоналу (ЛКП: обліковець, фінансист, бухгалтер, нормувальник, секретар, касир, завідувач складом, телефоністи, оператори ЕОМ) – 4...5 % від  $P_{\Sigma n}$  або за нормативними таблицями, наведеними в [22].

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу (МОП: двірники, садівники, гардеробники, прибиральники) – 2...3 % від  $P_{\Sigma n}$  або за нормативними таблицями, наведеними в [22]. Розрахунки кількості працюючих заносяться у відомість складу працівників.

### Контрольні питання

1. Охарактеризуйте основні напрямки з вибору складу технологічного устаткування для потокового та непотокового виробництва.
2. Приведіть методику розрахунку верстатомісткості та трудомісткості у потоковому та непотоковому виробництві.
3. Приведіть методику розрахунку такту випуску в потоковому виробництві.
4. У чому сутність поняття «приведена програма»?
5. Приведіть алгоритм розрахунку приведеної програми.
6. Що таке «синхронізація операцій у потоковому виробництві»?
7. Як розрахувати коефіцієнт завантаження устаткування?
8. Охарактеризуйте методи розрахунку кількості основних робітників.

## **1.4 Принципи й структура побудови основних виробничих процесів**

1. Основні принципи вибору структури цеху. Загальні поняття про автоматичні лінії. Загальні поняття про гнучкі виробничі системи
2. Основні принципи розміщення дільниць механічної обробки. Попереднє визначення площі цеху й основних параметрів виробничої будівлі
3. Вибір варіанту розміщення обладнання на дільницях механічної обробки. Планування обладнання та робочих місць
4. Вимоги до роботи обладнання

### ***1.4.1 Основні принципи вибору структури цеху. Загальні поняття про автоматичні лінії. Загальні поняття про гнучкі виробничі системи***

Виробничі дільниці в залежності від складності продукції, що випускається, програми виробництва та режиму роботи організують за наступними принципами:

1) *технологічний принцип* формування дільниць або цехів, який характеризують за ознакою технологічних процесів, які виконуються (механічні, складальні, ливарні, ковальські, зварювальні);

2) *предметний принцип* формування дільниць або цехів характеризують за ознакою виробів (деталей), які виготовляються. При цьому в одному цеху зосереджується все обладнання, необхідне для повного виготовлення виробу (деталі);

3) *лінійний принцип* формування дільниць і цехів, який характеризується строго визначеною послідовністю операцій технологічного процесу в кожен момент часу й передбачає потокові форми механічної обробки.

У механоскладальному виробництві більш наявні предметно-спеціалізовані цехи при умові масового й великосерійного виробництва і самостійні механічні й складальні, тобто технологічно спеціалізовані цехи в умовах серійного й одиничного виробництва.

*Синтез структури цеху* – це обґрунтований вибір складу його відділень і дільниць, який вимагає ретельного аналізу номенклатури та обсягів продукції, що випускається, технології їхнього виготовлення й організаційних форм їхнього виконання.

Для вибору принципу формування виробничих дільниць можна використовувати такий показник, як ступінь кооперації. *Ступень кооперації* визначається як середня кількість матеріальних зв'язків між технологічним обладнанням [7]:

$$k = \sum_{i=1}^N m_i / N, \quad (1.60)$$

$m_i$  – кількість матеріальних зв'язків, яка враховує загальну кількість як вхідних, так і вихідних напрямків зв'язку [7];

$N$  – кількість технологічного обладнання в структурному підрозділі.

Закономірності, які описують ступень кооперації для різних принципів формування виробничих дільниць, представлені в додатку Г, табл. Г.1. Сфера використання різних принципів формування виробничих підрозділів представлена на рис. 1.10.

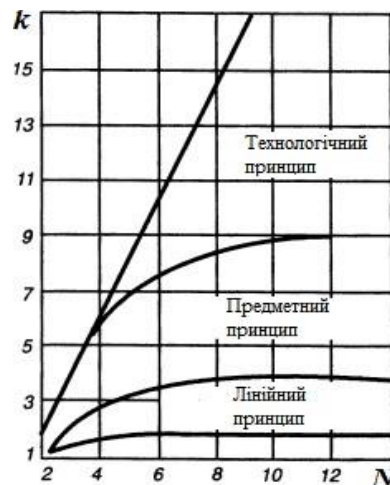


Рисунок 1.10 – Сфера використання різних принципів формування виробничих підрозділів [7]

Структура цехів масового й великосерійного виробництва забезпечує прямоточність виробничого процесу, у кінці потокових ліній обробки розміщуються дільниці вузлового складання, а далі виконується складання агрегатів або виробів. Потокові лінії механічної обробки, у залежності від кількості найменувань деталей, закріплених за лінією, можуть бути однопредметними (потоково-масовими) і багатопредметними (потоково-серійними). Обидва ці види, у свою чергу, за ступенем безперервності руху деталей у процесі обробки поділяють на безперервно-потокові (синхронізовані) і перервно-потокові (несинхронізовані). Потоково-серійні, крім того, можуть бути груповими.



Тип лінії можна вибрати за допомогою *коефіцієнта масовості* [7]

$$k_{m.j} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{um.i}}{\tau_i \cdot n}, \quad (1.61)$$

де  $n$  – кількість операцій технологічного процесу обробки  $j$ -ї деталі.

На схемі (рис. 1.11) наведена класифікація автоматичних ліній та умови вибору їхньої структури за коефіцієнтом масовості.

Вищою формою потокового виробництва є автоматична лінія, що дозволяє поєднувати безперервність технологічного процесу з автоматичним його виконанням. *Автоматична потокова лінія* – це сукупність верстатів-автоматів, які у певній послідовності виконують операції механічної обробки деталі та об'єднані спільними для всієї лінії механізмами управління й автоматичним транспортним пристроєм, що переміщує деталь, яка обробляється, від одного верстата до іншого [7].

Автоматичним поточним лініям властива висока продуктивність та низька гнучкість, що дозволяє обробляти на лінії тільки одну деталь певної конструкції або в кращому випадку кілька однотипних деталей після переналагодження оснащення лінії. Застосовують у масовому виробництві при випуску продукції сталої номенклатури.

Вирішення задачі структуризації для цехів дрібно- та середньосерійного виробництва, де велика номенклатура деталей і виробів, виготовлених послідовно на одних і тих же робочих місцях, базується на системному підході до аналізу й синтезу структур виробничих процесів. При використанні системного підходу виділяють три підсистеми – функціональну, елементну й організаційну, які складають три сторони одного цілого: взаємозв'язок, єдність і взаємодію, та не можуть бути розділені [7].

*Функціональна сторона* виробничої системи (цеху) і її підсистем (дільниць, ліній) визначається їхнім технологічним призначенням.

*Елементна сторона* визначається складом цих дільниць та їхнім обладнанням для забезпечення їхнього технологічного призначення (мети).

*Організаційна сторона* встановлює структуру системи, визначає мету для кожної складової частини й забезпечує виконання мети відповідно до функціонального призначення [7]. Чим більшою мірою мета складової частини відповідає меті всієї системи, тим ефективність виробничої системи вища.

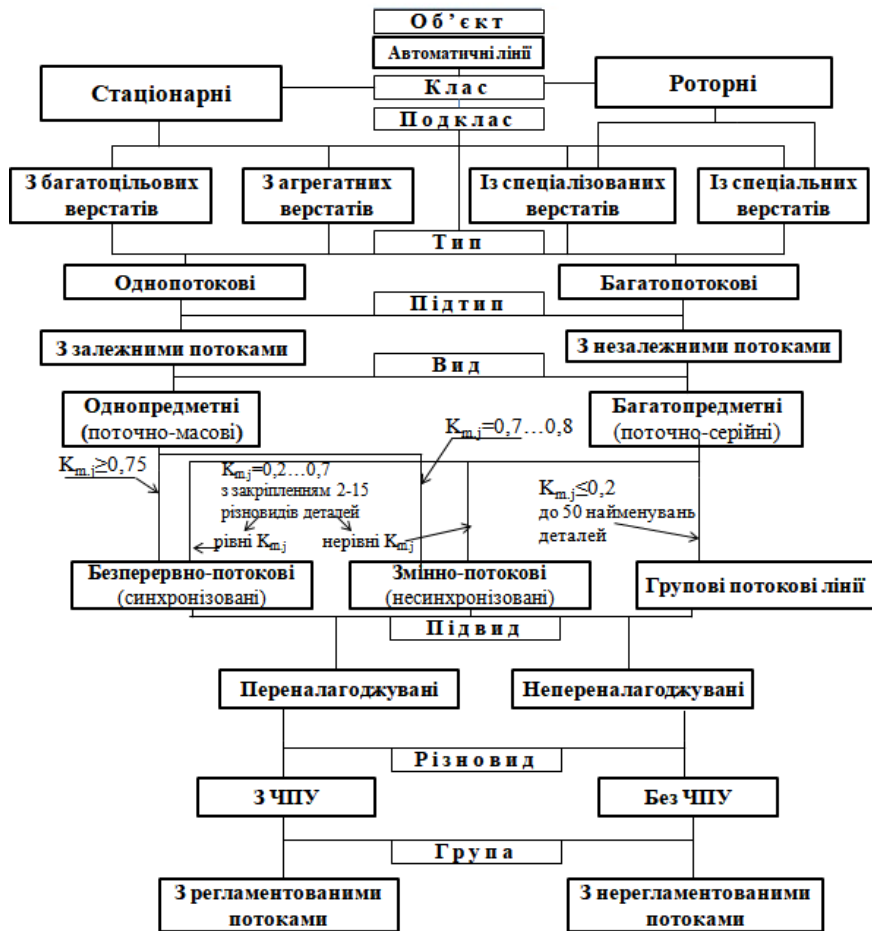
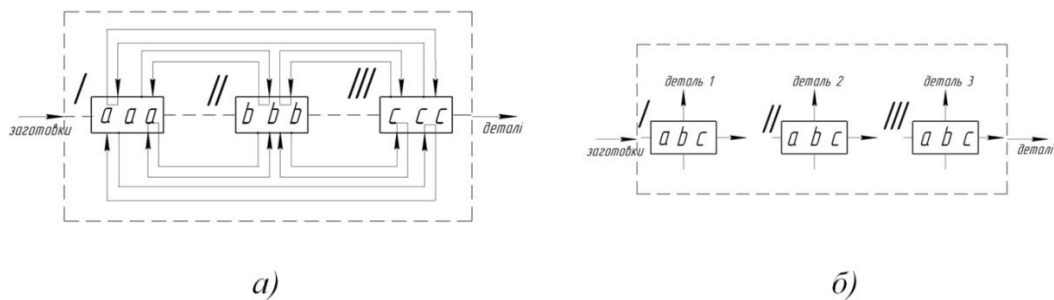


Рисунок 1.11 – Класифікація автоматичних ліній

Традиційний підхід до визначення структури та організації роботи цеху характеризується тим, що загальний обсяг робіт розділяється на окремі операції виготовлення деталей або складання вузлів. Зазначені операції, в умовах серійного виробництва, концентруються на відповідних дільницях, які сформовані за технологічною, тобто функціональною ознакою. Недолік такого підходу в тому, що структура цеху не враховує взаємодії операцій як системи в цілому (рис. 1.12, а), як наслідок цього при виготовленні великої кількості деталей виникають численні прямі й зворотні зовнішні зв'язки між технологічно спеціалізованими дільницями.

Головне в системному підході – взаємозв'язок, єдність і ефективність роботи, як окремих дільниць (підсистем), так і цеху (системи) у цілому. Вибір структури при цьому проводиться за результатами аналізу й синтезу складових частин системи як інтегрованого цілого об'єкта з якісно новими властивостями [7]. Структура виробничих процесів ґрунтується на використанні цільової подетальної або предметної спеціалізації дільниць і цехів (рис. 1.12, б).



/, //, /// – виробничі дільниці;  
*a, b, c* – групи верстатів однакового технологічного призначення  
 Рисунок 1.12 – Схеми структур виробничого процесу, які сформовані при традиційному (а) й системному (б) підході [7]

Орієнтація дільниць на виготовлення готового продукту, зменшення зовнішніх зв'язків спрощують вирішення проблем поділу й узгодження праці та сприяють набуттю ними властивостей самоорганізації та саморегулювання. Приклад графу вантажопотоків при використанні технологічної структури дільниць цеху та подетальної спеціалізації виробничих дільниць наведені в додатку Г (додаток Г, табл. Г.2).

Таким чином, використання системного підходу при визначенні структури цеху дозволить отримати більш ефективну програмно-цільову організацію виробничих процесів. Для цього в умовах серійного виробництва створюють подетально-спеціалізовані механічні цехи, подетально-спеціалізовані дільниці, багатомоделітурні групові поточкові лінії, що також ефективно й при створенні ГВС.

В умовах масового й великосерійного виробництва основною організаційною формою є предметно-спеціалізовані поточкові лінії. В умовах одиничного виробництва в невеликих механічних цехах можуть створюватися дільниці, сформовані за технологічним принципом. У великих цехах одиничного виробництва необхідно розглядати доцільність подетальної спеціалізації дільниць.

*Гнучка виробнича система (ГВС)* – це система, яка управляється засобами обчислювальної техніки та являє собою сукупність технологічного обладнання, що складається з різних поєднань гнучких виробничих модулів (ГВМ) і (або) гнучких виробничих осередків (ГВО), автоматизованої системи технологічної підготовки виробництва (АСТПВ) і системи забезпечення функціонування (СЗФ), що має властивість автоматизованого переналагодження при зміні програми виробництва виробів, різновиди яких обмежені технологічними можливостями [23].

ГВС є найбільш ефективним засобом автоматизації в серійному виробництві, що дозволяє переходити з одного виду продукції на інший із мінімальними витратами часу й праці.

ГВМ складається з технологічного устаткування, яке оснащено автоматизованим пристроєм програмного керування й засобами автоматизації технологічного процесу. ГВМ може функціонувати автономно або вбудовуватися в систему більш високого рівня (додаток Г, табл. Г.3).

За організаційною ознакою розрізняють такі ГВС (рис. 1.13, 1.14): ГАЛ (гнучка автоматизована лінія), ГАД (гнучка автоматизована ділянка). ГАЛ і ГАД складають із декількох ГВМ, які об'єднані АСУ. У ГАЛ обладнання розміщують у послідовності виконання технологічних операцій, а в ГАД передбачена можливість зміни послідовності використання обладнання. ГАЦ (гнучкий автоматизований цех) – це сукупність ГАЛ і ГАД у різноманітних поєднаннях, які призначені для виготовлення виробів конкретної номенклатури. ГАЗ (гнучкий автоматизований завод) – це сукупність ГАЦ, які призначені для випуску готових виробів.

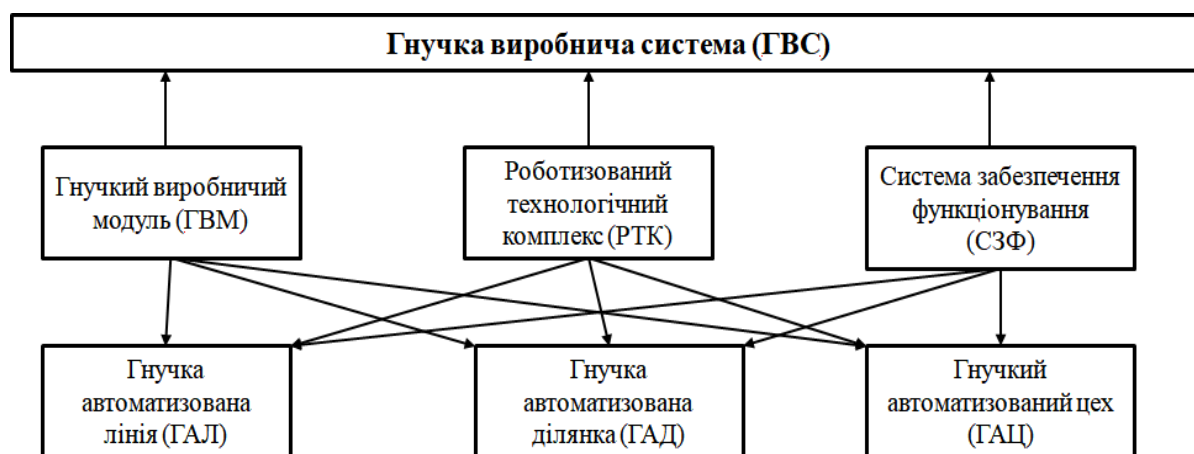
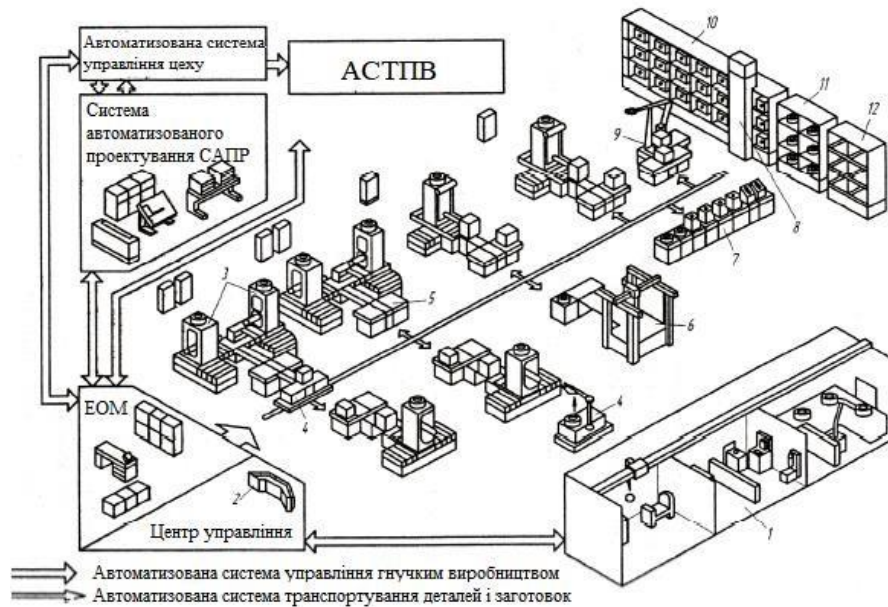


Рисунок 1.13 – Склад гнучкої виробничої системи

За ступенем автоматизації ГВС поділяють на системи:

- а) високого (вищого) ступеня – автоматичне керування й тримінний режим роботи;
- б) середнього ступеня – безперервне автоматизоване управління з використанням багатостатного обслуговування з коефіцієнтом  $K_0 > 2$ .
- в) низького ступеня – із  $K_0 \leq 2$ .



*1 – система інструментозабезпечення; 2 – пульт оператора; 3 – технологічне обладнання; 4 – транспортний робот; 5 – верстатний накопичувач; 6 – контрольно-вимірювальна машина; 7 – оперативний накопичувач; 8 – штабелер; 9 – позиція завантаження заготовок на супутник і вивантаження; 10 – склад заготовок; 11 – склад інструменту; 12 – склад супутників і пристосувань*  
*Рисунок 1.14 – ГВС механічної обробки [16]*

Структура ГВС складається з виробничого та керуючого обчислювального комплексів (ОК). У свою чергу, ОК розподілений на виробничу систему й систему забезпечення функціонування виробництва (СЗФ). У загальному випадку ГВС складається з трьох основних систем: технологічної, транспортно-накопичувальної і системи керування.

У відповідності з двома формами спеціалізації діляниць механічної обробки – технологічної та предметної – можна окреслити два напрямки розвитку ГВС:

- автоматизація окремих технологічних операцій і створення операційних ГВС;
- комплексна автоматизація технологічних процесів обробки деталей конкретного класу і, як наслідок, створення ГВС відповідно до методів групової обробки.

Використовують переважно три типи рішень ГВС:

- створення ГАЛ і ГАД із наявних на підприємстві верстатів із ЧПК;
- створення ГАЛ і ГАД на базі типових рішень і ГВМ;
- створення ГВС на базі нових прогресивних рішень і обладнання, яке спроектоване за агрегатним принципом.

Перший тип – це реконструкція (технічне переозброєння) діючого виробництва, другий і третій – принципове оновлення виробництва та створення нового виробництва.

*Особливості та переваги ГВС [16]:*

– забезпечення в одній ГВС ефективної обробки партії деталей, розмір якої змінюється в широких межах;

– на одному верстаті можна обробляти деталі в довільній послідовності, відповідно до потреб дільниці складання, що виключає потребу в проміжних складах;

– засоби ЧПК і адаптивного керування зводять до мінімуму кількість обслуговуючого персоналу і в ряді випадків забезпечують роботу ГВС у нічну зміну без участі людей;

– засоби ЧПК дозволяють широко варіювати при обробці деталей інструменти й багатошпиндельні головки (максимальне підвищення продуктивності досягається шляхом поєднання одно- і багатошпиндельної обробки);

– системи оптимізації з використанням комп'ютерного управління забезпечують високе завантаження верстатів і урахування пріоритету випуску деталей [16];

– упровадження ГВС дозволяє отримати оперативний контроль за ходом виробничих процесів і необхідний рівень оперативного планування, а також поліпшення умов праці й значне розширення можливостей ефективного використання переваг кооперації виробництва;

– використання ГВС забезпечує раціональне поєднання верстатів із ЧПК різних конструкцій і групування їх із метою досягнення максимальної продуктивності.

#### ***1.4.2 Основні принципи розміщення дільниць механічної обробки. Попереднє визначення площі цеху й основних параметрів виробничої будівлі***

Проектування є ітераційним процесом, при якому на кожному кроці проектування за браком інформації спочатку приймають наближене рішення, а потім прийняте рішення уточнюють. Після синтезу структури цеху та визначення складу його дільниць приймають рішення про взаємне їх розміщення, що визначає компоновальну схему цеху.

Розміщення дільниць усередині цеху обумовлюється взаємним розміщенням механічних і складальних цехів і визначається прийнятою організаційною формою виробництва. Можливі компоновальні схеми механічних і складальних цехів показані на рис. 1.15.

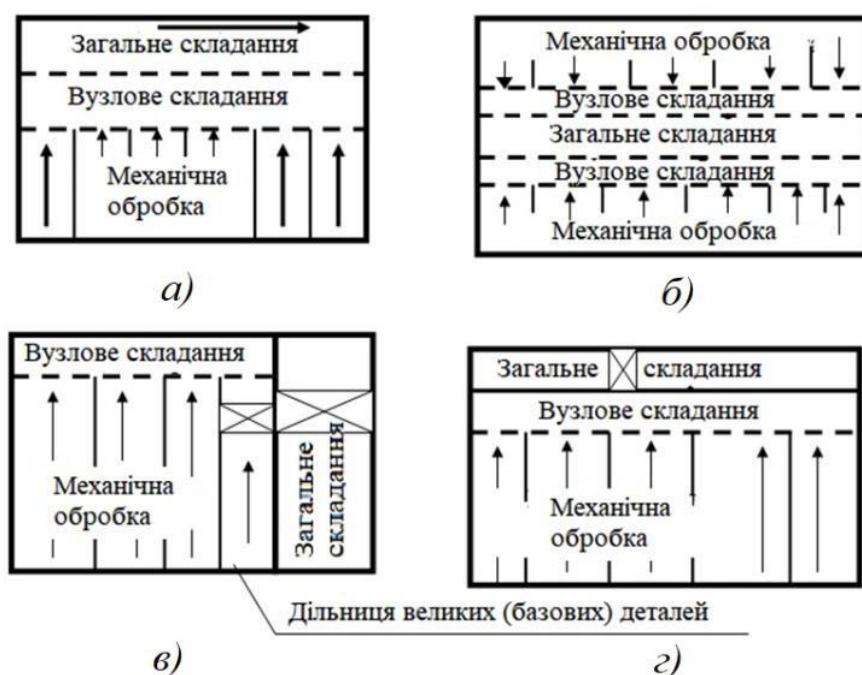


Рисунок 1.15 – Компоновальні схеми механоскладальних цехів [7]

Робочі місця вузлового складання предметно-спеціалізованих цехів розміщують в кінці лінії механічної обробки у поточно-масовому виробництві. Механоскладальний цех складається з ряду паралельно розміщених дільниць механічної обробки, на яких розташовані безперервно- або змінно-потоківі лінії і дільниці або лінії вузлового складання. Відділення або цех загального складання з конвеєром розміщують перпендикулярно до ліній обробки після вузлового складання в кінці корпусу або в його середині (для коротких ліній) (рис. 1.15, а, б). Це забезпечить найбільш сприятливі умови передачі деталей і складальних одиниць на конвеєр загального складання в процесі прямої міжопераційної передачі.

У серійному й одиничному виробництві застосовують компоновальні схеми розміщення дільниці загального складання в окремому прогоні перпендикулярно або паралельно прогонам механічних цехів (рис. 1.15, в, з). В умовах дрібносерійного й одиничного виробництва використовують стаціонарне непотокове складання, тому взаємне розміщення дільниць визначає технологічна однорідність оброблюваних деталей і особливості цехового транспорту.

На рис. 1.15 в одному прогоні, обладнаному мостовим краном, зосереджують обробку найбільш великих базових деталей. При паралельному розміщенні прогонів (рис. 1.15, г) дільницю базових деталей доцільно розміщувати поруч із прогоном складального цеху. З точки зору мінімізації вантажопотоків, чим більше загальна маса деталей, які виготовляють на ділянці, тим ближче вона повинна бути розміщена до цеху (дільниці) загального складання, і навпаки.

На вибір варіанта розміщення дільниць впливають умови роботи і технологічні особливості обладнання, яке використовується. Недоцільно розміщувати поруч дільниці й лінії виготовлення деталей високої точності і відносно малої точності форми й розташування поверхонь, через вплив вібрації цього обладнання на точність виготовлення відповідальних деталей. Неприпустимо суміжне розміщення дільниць абразивної обробки й складання. У кожному варіанті необхідно враховувати ступінь пожежної небезпеки, концентрацію шкідливих для здоров'я людини речовин, а також сумісність технологічних процесів суміжних дільниць і цехів. Дільниці, які відносять до пожежонебезпечних або шкідливих для здоров'я працівників, ізолюють від інших виробництв перегородками й обладнують системами очищення повітря.

Під час попередньої розробки компоувальної схеми загальну площу  $S_o$  дільниці або цеху визначають за показником питомої загальної площі  $s_{num.o}$ , що припадає на один верстат або одне робоче місце:

$$S_o = s_{num.o} \cdot C_n, \quad (1.62)$$

де  $C_n$  – прийнята кількість верстатів, а в разі складання – робочих місць цеху (дільниці).

Цей показник залежить від габаритних розмірів устаткування й транспортних засобів. Останні визначають ширину проїздів між рядами верстатів. Укрупнені показники питомих площ на одиницю устаткування по механо-обробним цехам та робочим місцям на дільниці складання наведені в [20] або в додатку Г (табл. Г.4). Для усереднених розрахунків питомі площі  $s_{num.o}$  приймають за наступними даними [9]:

$s_{num.o} = 10...12 \text{ м}^2$  – для малих верстатів (габарити до  $1800 \times 800$  мм);

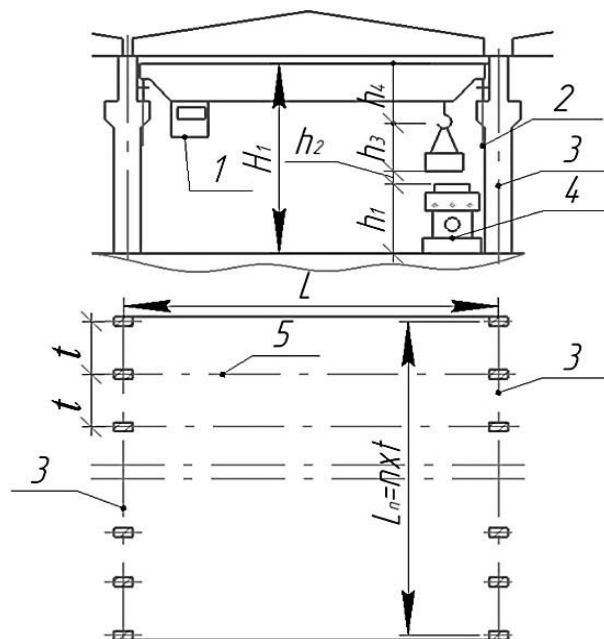
$s_{num.o} = 15...25 \text{ м}^2$  – для середніх верстатів (габарити до  $4000 \times 2000$  мм);

$s_{num.o} = 25...70 \text{ м}^2$  – для крупних верстатів (габарити до  $8000 \times 4000$  мм);

$s_{num.o} = 70...200 \text{ м}^2$  – для особливо крупних верстатів (габарити до  $15000 \times 6000$  мм та більше).



Важливим при проектуванні є вибір будівельних параметрів будівлі – сіток колон і висоти прогонів. Поперечний розріз і план прогону показані на рис. 1.16.



1 – кабіна крана; 2 – вісь підкранових колій; 3 – поздовжня розподільна вісь; 4 – верстат; 5 – поперечна розподільна вісь будівлі

Рисунок 1.16 – Поперечний розріз і план прогону [7]

Сітку колон (ширину  $L$  прогону та крок  $t$  колон) і висоту  $H$  прогону (відстань від підлоги до нижньої частини несучої конструкції будівлі) вибирають з уніфікованого ряду зазначених величин (додаток Г, табл. Г.5). Ширину прогону вибирають так, щоб можна було раціонально розмістити кратна кількість рядів технологічного обладнання – зазвичай від двох до чотирьох рядів верстатів, у залежності від габаритних розмірів і варіантів розміщення.

Висоту прогону визначають за схемою, наведеною на рис. 1.16. На розрахунок  $H_1$  до головки підкранової рейки впливає максимальна висота  $h_1$  обладнання, мінімальна відстань  $h_2$  між обладнанням і вантажем, а також висоти вантажів, що транспортуються,  $h_3$  та крана  $h_4$ :

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 . \quad (1.63)$$

Висоту  $h_1$  визначають з урахуванням крайніх положень рухомих частин верстата, але не менше 2,3 м. Відстань  $h_2$  приймають не менше 400 мм. За величиною  $H_1$  із табл. Г.5 визначають мінімальну висоту  $H$  прогону.

Уніфіковані розміри прогонів, крок колон і висоту одноповерхових промислових будівель слід вибирати з табл. Г.5, багатоповерхових – табл. Г.6.

Цехи середнього й важкого машинобудування розміщують в одноповерхових промислових будівлях, які компонуються з основних і додаткових уніфікованих типових секцій (УТС).

Основні секції (для поздовжніх прогонів) мають розміри  $72 \times 144 \text{ м}^2$  і  $72 \times 72 \text{ м}^2$ ; додаткові секції (для поперечних прогонів) –  $24 \times 72$ ,  $30 \times 72$ ;  $48 \times 72 \text{ м}^2$ . Сітки колон для одноповерхових багатопрогонових будинків складають  $18 \times 12 \text{ м}^2$  і  $24 \times 12 \text{ м}^2$ , де 12 – крок колони, 18, 24 – ширина прогону (додаток Г, табл. Г.7). Прогони меншої довжини використовують для цехів з малогабаритним обладнанням. Для виробництв з великогабаритним обладнанням ширина прогонів може бути збільшена до 30 або навіть до 36 м.

Для складальних прогонів використовують додаткові (кранові) секції розмірами  $24 \times 72$ ,  $48 \times 72$  і  $30 \times 72 \text{ м}^2$ . Найбільш поширені УТС із розмірами в плані  $72 \times 144 \text{ м}^2$ , із сіткою колон  $18 \times 12 \text{ м}^2$  і  $24 \times 12 \text{ м}^2$ .

У легкому машинобудуванні і в приладобудуванні стали найбільш поширеними багатоповерхові виробничі будівлі. Такі будівлі компонують з уніфікованих типових секцій розмірами  $48 \times 24$ ,  $48 \times 36$  і  $48 \times 48 \text{ м}^2$ . Зазвичай ці будівлі мають від 2 до 5 поверхів із сіткою колон  $6 \times 6$ ,  $6 \times 9$ ,  $9 \times 9$ ,  $6 \times 12$ ,  $6 \times 18$  і  $6 \times 24 \text{ м}^2$ . Укрупнені сітки колон збільшують місткість будівлі на 8...15 %. Ширину корпусу приймають, як правило, 24 м. Збільшення ширини будівлі призводить до поганої освітленості середньої зони й допускається в разі розміщення допоміжних і побутових приміщень у середніх прогонах, а також при використанні комбінованого освітлення – природного в зовнішніх стінах і штучного в середній частині будинку. Висота будівлі коливається від 3,6 м (для безкранових поверхів) до 6 м (верхні поверхи з мостовими кранами) і до 7,2 м (нижні поверхи).

При проектуванні дільниць і цехів ГВС доцільно використовувати прогони з мостовими кранами для забезпечення високої мобільності при перестановці й заміні обладнання. У цехах великосерійного та масового виробництва використовують будівлі, обладнані підвісними конвеєрами, монорейками й кран-балками.

Довжину верстатних дільниць і ліній із міркувань пожежної безпеки приймають у межах 35...50 м, а між ними передбачають магістральні (пожежні) проїзди шириною 4,5...5,5 м [20]. За відомою виробничою площею дільниць визначають їхню ширину.

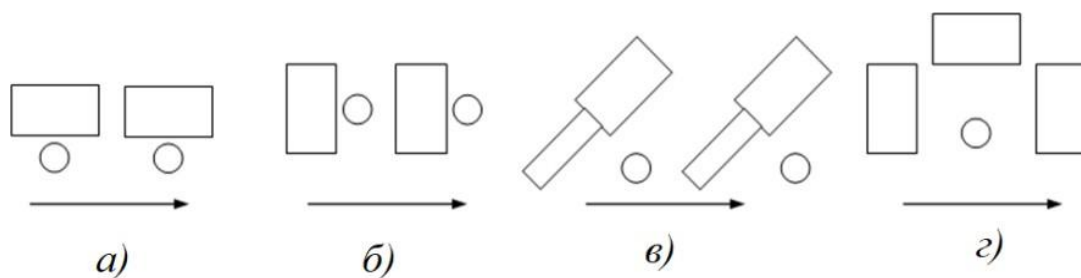
На підставі габаритних розмірів дільниць, з урахуванням наявності поздовжнього й поперечних магістральних проїздів, визначають габаритні розміри й орієнтовну площу цеху.

Для багатоповерхових виробничих будівель сітка колон прийнята  $9 \times 6 \text{ м}$  при дозволеному тиску на перекриття до 15 *кПа* і  $6 \times 6 \text{ м}$  при дозволеному тиску до 25 *кПа*. Висота поверхів 3,6; 4,8; 6 м, причому останній поверх може бути з більшою шириною прогону [8].

### **1.4.3 Вибір варіанту розміщення обладнання на дільницях механічної обробки. Планування обладнання та робочих місць**

Розміщення верстатів на дільницях і лініях механічної обробки визначається організаційною формою виробничого процесу, довжиною верстатних дільниць, кількістю верстатів, видом міжопераційного транспорту, способом видалення стружки та іншими факторами.

Відносно простий вибір варіанту розміщення верстатів для безперервно- і змінно-поточної лінії. Послідовність розміщення обладнання визначається послідовністю виконання операцій технологічного процесу. Задача раціонального розміщення обладнання зводиться до вибору варіанта розміщення верстатів щодо транспортного засобу, кількості рядів верстатів і загальної конфігурації потокової (автоматичної) лінії. Відносно транспортного засобу можливі варіанти поздовжнього, поперечного, кутового й кільцевого розміщення верстатів (рис. 1.17).



*а – поздовжнє, б – поперечне, в – кутове, з – кільцеве*

*Рисунок 1.17 – Варіанти розміщення верстатів щодо транспортних засобів*

Фронтальне поздовжнє розміщення верстатів забезпечує найбільш сприятливі умови для механізації і автоматизації міжопераційного транспортування й обслуговування робочих місць. За умови поперечного розташування, погіршуються умови обслуговування верстата оператором через його віддалення від конвеєра. Таке планування дозволяється при використанні для автоматичного завантаження верстатів маніпуляторів або промислових роботів порталного типу. Розміщення верстатів під кутом до проїзду застосовують для розточувальних, поздовжньо-стругальних, поздовжньо-фрезерних верстатів, пруткових автоматів, револьверних та інших верстатів, довжина яких значно перевищує їхню ширину.

Пруткові автомати при цьому розміщують зазвичай завантажувальним пристроєм до проїзду для поліпшення установки прутків. Кільцеве розміщення верстатів сприятливе для багатOVERстатного обслуговування, але створює труднощі для використання міжопераційного транспорту та інженерних комунікацій.

Розміщення технологічного обладнання також визначається способом видалення стружки. При використанні автоматизованих систем збирання стружки необхідно враховувати взаємне розміщення верстатних і цехових стружкоприбиральних конвеєрів.

На плані ділянки необхідно вказати:

- елементи будівлі (перетини колон, стіни, перегородки й тамбури, вікна, ворота, двері, сходи, обриси фундаментів і підстав колон, антресолі й підвали) з координатними осями і їхнім позначенням;
- місця для зберігання заготовок і готових деталей;
- майданчики для контролю;
- технологічне обладнання (верстати, стенди, преси, печі та ін.) у вигляді темплетів з прив'язкою (указують відстань від верстатів до колон і між верстатами й робочими місцями; габаритні розміри великих верстатів);
- сантехнічне обладнання, теплові завіси, парасольки та ін.;
- ресивери зі стисненим повітрям, ємності під МОР, баки й насоси;
- точки підведення виробничих ресурсів до обладнання й точки відведення відходів;
- підземні колектори для розміщення інженерних мереж;
- місця розміщення робочих біля обладнання;
- робочі місця без обладнання;
- організаційну оснастку (верстати, підставки та ін.) і виробничі меблі (робочі столи, інструментальні шафи та ін.);
- місця біля технологічного обладнання для зберігання матеріалів, заготовок і деталей;
- підйомно-транспортне обладнання ділянки;
- підйомно-транспортні пристрої (гравітаційні лотки, склизи, вібро-бункери, крани-укосини та ін.) та накопичувачі, які обслуговують окремі робочі місця;
- робочі місця контролерів і майстрів, місця відпочинку робітників, сатуратори, умивальники, питні фонтанчики та ін.;
- магістральні проїзди, внутрішні проїзди й проходи із зазначенням розмірів;
- електричні щити та засоби пожежогасіння,
- знак категорії вибухопожежної та пожежної небезпеки ділянки;

- межі ділянки, ширину прогонів, загальну ширину цеху, крок колон, довжину прогонів, загальну довжину цеху;
- назву всіх допоміжних відділень, ширину й довжину кожного допоміжного відділення та їхню площу;
- фрагменти суміжних ділянок;
- схеми вантажопотоків (переміщення деталей по ділянці), при необхідності – схема матеріальних потоків (переміщення інструменту, мастильно-охолоджуючої рідини, стружки).

Усе технологічне та підйомно-транспортне обладнання виробничої ділянки позначають порядковими номерами в технологічній послідовності і вносять у специфікацію його планування. Специфікація виконується за формою 1 (додаток Г, табл. Г.8) згідно з вимогами [25].

При розміщенні обладнання у відповідності з обраним варіантом необхідно забезпечувати відстані між обладнанням при різних варіантах їхнього розміщення, а також ширину їхніх проїздів (додаток Г, табл. Г.9).

Відстані вказані (див. табл. Г.9) від зовнішніх габаритів верстатів, що включають крайні положення рухомих частин, дверцят верстату, що відкриваються, і постійних огорож. Габаритний кресленик верстату включає виносне обладнання (електрошафи, пульти керування й т. д.), розміщення якого визначено підприємством-виробником. Розміщення виносного обладнання, яке не пов'язане з верстатом, визначається плануванням з урахуванням можливості його обслуговування.

Відстань від тильної сторони верстата до проїзду при відповідному обґрунтуванні може бути збільшена з урахуванням обслуговування установки й знімання деталей і пристосувань. Норми відстаней між верстатами з різними габаритними розмірами вибираються за більшим із цих верстатів. Відстані від стін і колон до верстатів приймаються з урахуванням можливості обслуговування підвісними й мостовими кранами.

При розташуванні каналу для транспортування стружки між тильними сторонами двох рядів верстатів, установлених на загальній фундаментній плиті, відстань між ними приймається: при транспортуванні роздробленої стружки –  $d = 200$  мм, крученої стружки –  $d = 400$  мм [20].

Для верстатів, установлених на індивідуальні фундаменти, відстань між фундаментами має бути не менше: при транспортуванні роздробленої стружки – 800 мм, крученої стружки – 1000 мм [20].

При установці верстатів поруч із майданчиком для складування деталей, заготовок та іншого, відстань від майданчиків слід приймати в залежності від положення верстата, відповідно до табл. Г.9.

Норми відстаней між верстатами, наведені в табл. Г.9, не поширюються на роботизовані й комплексно-автоматизовані дільниці й верстати, що встановлюються на індивідуальні фундаменти. Відстань між верстатами в них визначається конкретним плануванням дільниць з урахуванням конструкції верстатів, транспортно-накопичувальних систем і умов їхнього обслуговування.

Норми відстаней не враховують розміщення тари для збирання стружки й каналів для її транспортування, промислових проводень (пар, вода, стиснене повітря і т. д.), пристроїв для транспортування деталей (місцеві підйомні пристрої, рольганги та ін.), місць для зберігання технологічного оснащення (пристосувань, великих і важких деталей).

Норми відстаней складальних місць від проїзду відносно один одного, від стін і колон будівлі наведені в табл. Г.9. Максимальні габарити вузлів не повинні перевищувати габарити верстатів і складальних столів. Для вузлів із розмірами більше  $2500 \times 1000$  мм відстань між складальними місцями на монтажних стендах призначається в кожному конкретному випадку. Верстати дозволяється встановлювати щільно біля стін. У норми відстаней (табл. Г.9) не включені площі для зберігання складених вузлів (це враховано в питомій площі на одне складальне місце). Відстані між місцями складування аналогічні відстаням між робочими місцями складальників. При застосуванні складальних автоматів і напівавтоматів норми відстаней приймати в залежності від їхніх конструктивних параметрів.

Ширину магістральних проїздів, за якими здійснюються міжцехові перевезення, приймають рівною 4500...5500 мм [20]. Ширина цехових проїздів залежить від виду підлогового транспорту й габаритних розмірів переміщуваних вантажів. Для всіх видів підлогового електротранспорту ширина проїзду  $A$  (мм) становить: при односторонньому русі –  $A = B + 1400$ , при двосторонньому русі –  $A = 2B + 1600$ , для робочарів при односторонньому русі –  $A = B + 1400$ , де  $B$  – ширина вантажу, мм [20]. Норми ширини цехових проїздів наведені в додатку Г, табл. Г.10. Магістральні проїзди призначені для здійснення міжцехових перевезень у корпусі (цеху) при двосторонньому русі, тому магістральні проїзди шириною 5500 мм для автотранспорту, машин для прибирання застосовують при відповідному обґрунтуванні.

Кількість і розміщення магістральних проїздів визначаються компонуванням корпусу й схемою вантажопотоків. Розміщення шляху рейкового візку для транспортування деталей і виробів уздовж магістрального проїзду неприпустиме. Ширина проїзду уздовж зовнішніх стін для протирання вікон визначається шириною механізмів для зазначених робіт  $A + 400$  мм [20]. Ширина каналу для транспортування стружки, розміщеного вздовж

проїзду, не входить у ширину проїзду. При розвороті транспорту в проїзді на  $90^\circ$  ширина проїзду визначається характеристикою транспорту. Слід вибрати ширину цехового проїзду з ряду чисел: 1400, 2000, 2200, 2600, 2800, 3000, 3200, 4000 [20].

#### ***1.4.4 Вимоги до роботи обладнання***

На параметри якості деталей і виробів впливають умови роботи устаткування або складання: температурно-вологісний режим приміщення, наявність вібрацій від роботи суміжного обладнання та ін. Особливо впливають зазначені умови при виробництві високоточних виробів (верстатів, інструментів, прецизійних вузлів). Крім того, при проектуванні дільниць необхідно забезпечити допустимий рівень звукового тиску й освітленості, що має велике значення для роботи персоналу цеху.

Для прецизійного виготовлення деталей використовують верстати: високої точності, особливо високої точності та особливо точні для виготовлення еталонних і високоточних деталей верстатів і контрольних приладів. Високу точність обробки можна забезпечити тільки в приміщеннях, до параметрів мікроклімату яких (температура, вологість, швидкість руху повітря) висуваються жорсткі вимоги.

При кондиціонуванні повітря в приміщенні забезпечується його багаторазовий обмін протягом години. Припливно-витяжна вентиляція обумовлює повітряні потоки, швидкість яких обмежується зазначеними в таблиці значеннями. У термоконстантних приміщеннях повинна підтримуватися відносна вологість ( $50 \pm 10$ ) %, оскільки там використовують високоточні вимірювальні пристрої, на яких не допустима корозія.

Щоб запобігти попаданню пилу ззовні, у приміщеннях прецизійного виробництва підтримують тиск на 1...2 Па вище атмосферного тиску. Основні вимоги до мікроклімату механічних і складальних цехів прецизійного виробництва наведені в табл. Г.11.

Деталі й вузли, що надходять на обробку або складання на дільниці термоконстантних цехів, повинні перебувати там протягом 1...2 діб для вирівнювання їхньої температури до температури приміщення.

Для цієї мети біля обладнання й робочих місць складання передбачають просторі майданчики для зберігання заготовок і деталей, якщо немає складу з підтримкою стабільної температури.

Для обдування й видалення пилю з вантажів, які поступають, і одягу обслуговуючого персоналу на вході в приміщення з постійною температурою встановлюють спеціальні шлюзи з вертикальним потоком повітря. Доступ до цих приміщень обмежують, оскільки присутність додаткового персоналу може порушити температурний режим. Кількість дверей, воріт і зовнішніх стін має бути мінімальною. Приміщення з найбільш жорстким температурним режимом ( $20 \pm 0,2 \dots 20 \pm 0,05$  °C) повинні бути ізольовані від зовнішніх стін коридором – для теплового захисту (табл. 1.8).

На рис. 1.18 показана компоновка термоконстантного цеху, у якому проводиться фінішна обробка деталей і складання швидкісних електрошпindelів. На дільницях 1 і 2 виконують попереднє й остаточне шліфування високоточних виробів. На дільниці 12 розміщені координатно-розточувальні верстати. У цеху передбачені: інструментально-роздавальна комора 11, відділення технічного контролю 10, вимірювальна лабораторія 9, автоматизований склад деталей і комплектуючих виробів 4.

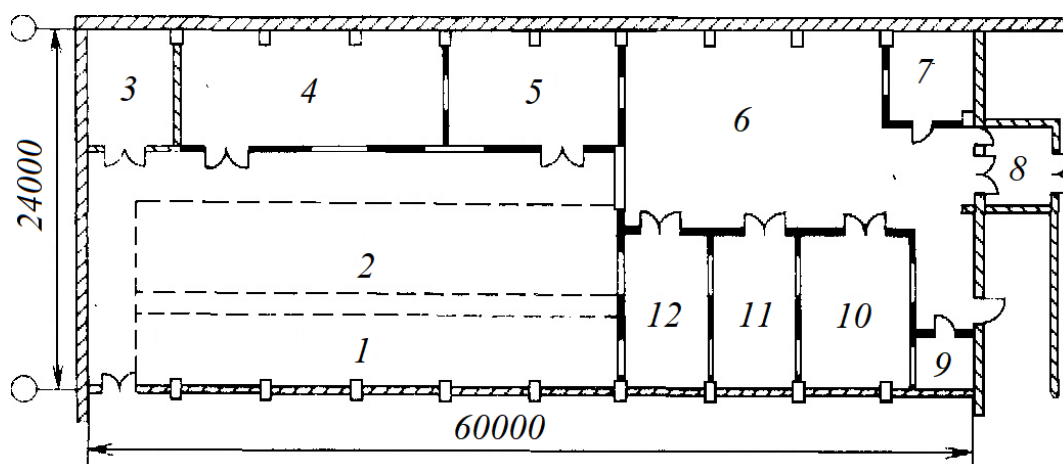


Рисунок 1.18 – Компоновання термоконстантного цеху [7]

На дільниці 5 складають пульти керування, на дільниці 6 здійснюють остаточне складання електрошпindelів. У складі цеху передбачені також дільниці 7 і 3 для обкатки шпindelів. Цех розміщений у прогоні шириною 24 м та ізольований від інших цехів суцільною перегородкою. Переміщення в цех і з цеху здійснюють через шлюз 8.

Неприпустиме розміщення поруч із цехами прецизійної обробки компресорів, молотів, пресів та іншого обладнання, що викликає вібрацію.

Для установки верстатів класів А і С, вимірювальних приладів особливо високої точності, стендів для складання застосовують спеціальні віброізолюючі фундаменти-стенди великої глибини.



Таблиця 1.8 – Рекомендації з розміщення виробничих і допоміжних служб механічних і складальних цехів в ізольованих приміщеннях [20]

Виробничі фактори, що зумовлюють необхідність виділення робіт в ізольоване приміщення	Виконувані роботи, використані матеріали і обладнання
1	2
1. Пожежо- і вибухонебезпечність	Виробничі процеси та матеріали, зазначені ДСТУ Б В.1.1–36:2016 [26]
<p>2. Шкідливості, що впливають на здоров'я людини:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– пил металева, абразивний, деревна та ін.</li> <li>– пари бензину, гасу</li> <li>– токсичні речовини, неприємні запахи</li> <li>– підвищений рівень світлового випромінювання</li> <li>– підвищений рівень шуму</li> <li>– ультразвук</li> </ul>	<p>Заточувальні й шліфувальні роботи без використання МОР, полірування із застосуванням паст на основі окису хрому, обробка деревини</p> <p>Промивання підшипників, деталей</p> <p>Обробка молібденових, берилієвих і титанових сплавів, процеси із застосуванням свинцю, олова, епоксидного компаунду, сірки, випробування двигунів внутрішнього згоряння</p> <p>Лазерні установки для обробки і для контролю</p> <p>Операції очищення деталей на вібраційних дробоструминних установках, обробка в галтувальних барабанах, механічна обробка на пруткових автоматах. Випробування електрошпинделів, електродвигунів, воздуходувів, двигунів</p> <p>Виробниче обладнання, у якому генеруються ультразвукові коливання для виконання технологічного процесу та обладнання, при експлуатації якого ультразвук виникає як супутній фактор</p>

Продовження таблиці 1.8

1	2
3. Особливі вимоги технологічного процесу: за метеорологічними умовами (температурою, відносною вологістю та ін.)	Процеси виготовлення високоточних виробів, що вимагають створення в приміщенні термоконстантних умов, експериментальні й дослідницькі процеси, що вимагають створення термокамер
– за чистотою приміщення	Дільниці ОТК, оснащені вимірювальними приладами; дільниці юстування приладів; дільниці складання вузлів, що впливають на остаточну точність верстатів (машин), приладів, виробів годинникової промисловості і т. п.
– за умовами виробництва	Процеси випробування виробів на шум, що вимагають створення звукоізованих камер; дільниці гідровипробувань виробів, дільниці обробки дорогоцінних металів
4. Особливі умови експлуатації обладнання	Дороге унікальне обладнання, термokonстантний режим при експлуатації високоточного обладнання, чистота приміщення при роботі з високочутливими приладами
5. Зберігання матеріальних цінностей	Усі цехові склади й комори, за винятком складів металу, крупного литва й поковок, великогабаритних виробів, які зберігаються на відкритих майданчиках у приміщенні цеху

### Контрольні питання

1. Опишіть особливості побудування дільниць за предметним, технологічним та лінійним принципом.
2. У чому суть потокової і непотокової форм організації виробництва?
3. Чим відрізняється потокова лінія від автоматичної?
4. Що таке однопредметні й багатопредметні потокові лінії?
5. Особливості та переваги використання ГВС.
6. Як виконують укрупнений розрахунок виробничої площі?
7. Які бувають варіанти розміщення верстатів?
8. Як виконують розрахунок сітки колон, довжини, ширини й висоти виробничого цеху?
9. Які виробничі фактори зумовлюють необхідність виділення робіт в ізоване приміщення?

## 1.5 Складська система, її призначення та проектування

1. Призначення і функції складів. Класифікація складських систем.
2. Вибір структури складської системи.
3. Підсистеми зберігання в механоскладальному виробництві. Визначення площ складів і накопичувальних систем на ділянках.
4. Складська система в умовах автоматизованого виробництва в машинобудуванні.

### 1.5.1 Призначення й функції складів. Класифікація складських систем. Вибір структури складської системи

Склади в сучасному виробництві відіграють роль *регулятора виробничого процесу*. Основна функція складу – перетворення параметрів вхідного й вихідного вантажопотоків із мінімальними приведеними витратами. За умови передачі з механічного цеху в складальний вантажопотоку, який не змінюється за номенклатурою і інтенсивністю – потреби в складі зникають. Якщо деталі з механічного цеху виходять однотипними партіями, а на ділянці складання потрібні комплекти різних деталей, то необхідно мати склад для перетворення параметрів вантажопотоку.

Динаміка зміни стану складу, яка характеризується масою вантажів  $M$  на складі в часі  $t$ , для реального виробництва виражається кривою, яка наведена на рис. 1.19, та залежністю, яка характеризує наявність вантажів на складі в кожен момент часу  $t_2$  [7]:

$$m_{t_2} = m_{t_1} + \int_{t_1}^{t_2} (A_i(t) - B_i(t)) dt, \quad (1.64)$$

де  $m_{t_1}$  і  $m_{t_2}$  – маса вантажів на складі в моменти часу, відповідно,  $t_1$  і  $t_2$ ;  $A_i(t)$  і  $B_i(t)$  – тимчасові функції, відповідно, вхідного й вихідного вантажопотоків.

Кількість вантажів на складі характеризується середнім значенням  $m_{сер}$  і змінюється від максимального значення  $m_{max}$  в момент надходження вантажу до мінімального  $m_{min}$  у залежності від маси вантажів, які поступають у проміжки часу  $t_1, t_2, t_3$  між черговими надходженнями.

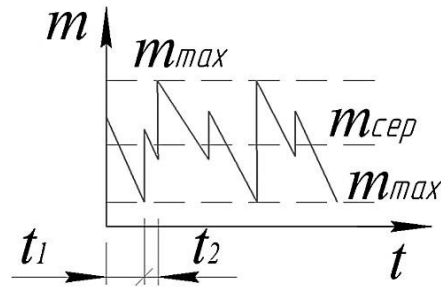


Рисунок 1.19 – Умови створення складу в машинобудівному виробництві та динаміка зміни стану складу [7]

Для забезпечення нормальної роботи механічних і складальних цехів в їхньому складі в загальному випадку передбачають цілий комплекс складів. Сюди належать склади металу й заготовок, міжопераційні склади, склади деталей, вузлів і комплектуючих виробів, склади готових виробів, комори технологічної оснастки.

*Структура складської системи визначається:*

- організаційною формою механоскладального виробництва;
- типом і функціональними можливостями транспортної системи;
- технологічними особливостями виробництва.

У поточно-масовому виробництві немає необхідності в міжопераційних складах, оскільки робота виробничого обладнання підпорядкована єдиному такту випуску. У серійному виробництві, де на одному й тому ж обладнанні деталі послідовно виготовляють партіями, а складання виробів починають після виготовлення всіх деталей, необхідно мати міжопераційні і досить потужні комплектувальні склади готових деталей і вузлів. Для забезпечення ефективної взаємодії транспортної та складської систем повинна бути обрана оптимальна схема розміщення складів, виробничих дільниць і транспортних трас.

Параметри складів і їхня структура багато в чому визначаються конструктивними особливостями виробів, що виготовляються, характером технологічних процесів їхнього виготовлення й наявністю комплектуючих, одержаних за кооперацією. Від габаритів і форми деталей залежать розміри тари й осередків складів. Кількість операцій технологічного процесу й розмір партії визначають габарити та місткість міжопераційного складу. Для зберігання виробів, які одержані за кооперацією з інших підприємств, створюють склади комплектуючих виробів складального цеху.

Склади механоскладального виробництва можна класифікувати за кількома ознаками. За організаційною структурою розрізняють централизовані й децентрализовані (рис. 1.20) складські системи. Централизованна

система передбачає наявність одного складу або блоків складів, які розміщені в одному місці, при децентралізованій – кілька складів відповідно до їхнього функціонального призначення [7].

Класифікація складів за функціональним призначенням, за технологією робіт, за видом складування, за висотою зберігання вантажів, за характером взаємодії з транспортною системою, за рівнем автоматизації та механізації представлена на рис. 1.21.

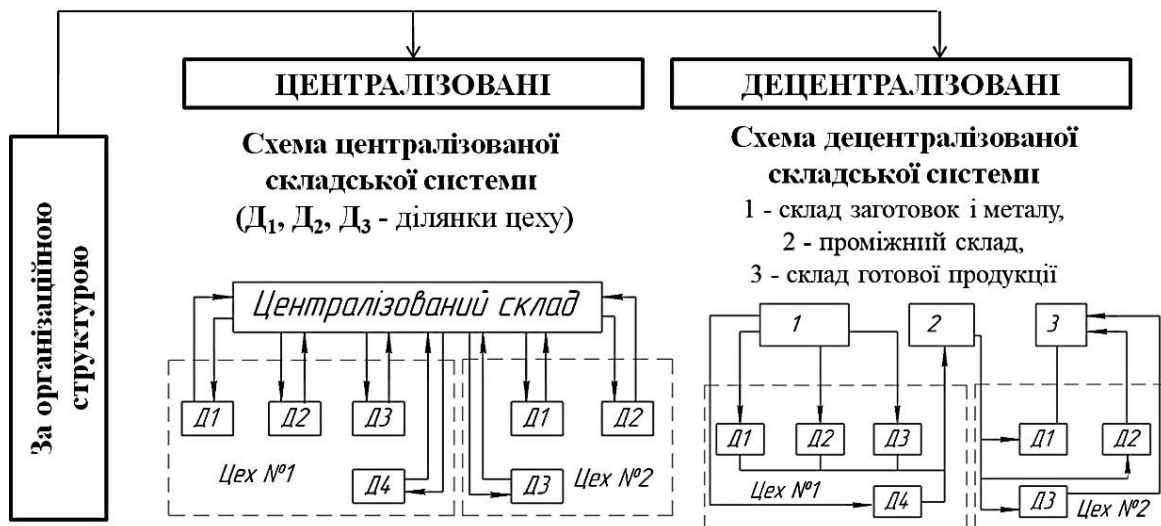


Рисунок 1.20 – Класифікація складів механоскладального виробництва за організаційною структурою

Характерними особливостями складів за рівнем автоматизації є (рис. 1.21):

- немеханізованих – застосування ручної праці при навантаженні, вивантаженні й переміщенні;
- механізованих – застосування механізованих пристроїв із ручним керуванням, наприклад шарнірно-балансирних маніпуляторів для обслуговування зони зберігання вантажів;
- високомеханізованих – використання пристроїв комплексної механізації з ручним керуванням на всіх стадіях перероблення вантажів;
- автоматизованих – застосування напівавтоматичних пристроїв із запуском команд з пульту керування для виконання операцій переміщення або складування вантажів;
- автоматичних – використання автоматичних пристроїв із запуском команд від спеціальної комп'ютерної програми через канали зв'язку для виконання всіх операцій.



Рисунок 1.21 – Класифікація складів у машинобудівному виробництві: 1 – за функціональним призначенням; 2 – за технологією робіт; 3 – за видом складування; 4 – за висотою зберігання; 5 – за характером взаємодії з транспортною системою; 6 – за рівнем автоматизації та механізації

### 1.5.2 Вибір структури складської системи

При виборі структури складської системи необхідно визначити величину, напрям і зміну в часі основних виробничих вантажопотоків. Склади в механоскладальному виробництві з точки зору кібернетичної теорії систем можна віднести до складних імовірнісних систем, оскільки вони складні за конструкцією, містять багато елементів, а прибуття й відправлення вантажів зі складу являють собою стохастичні процеси. Ці процеси описуються методами математичної статистики й теорії імовірностей.

При функціональному розгляді будь-якого складу як системи у його структурі можна виділити три функціональні підсистеми: прийом вантажів із зовнішнього по відношенню до складу транспорту, зберігання прийнятих вантажів і видача вантажів зі складу на транспорт (рис. 1.22).



Структури складів та їхнє розміщення в значній мірі визначаються типом виробництва й характером технологічного процесу. Загальна структура складської системи механоскладального виробництва показана на рис. 1.23. На початку ліній механічної обробки зазвичай передбачають склад металу й заготовок 1.

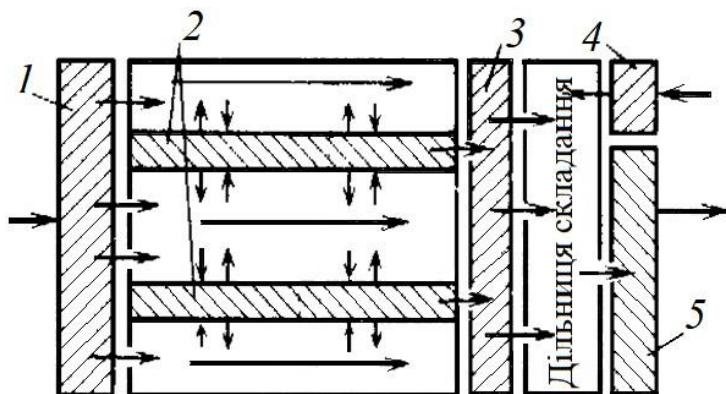


Рисунок 1.23 – Функціональна структура складської системи в механоскладальному виробництві

Склад 1, у залежності від інтенсивності вантажопотоку й виробничої потужності цеху, може бути централізований та самотужки обслуговувати виробництво або мати ряд спеціалізованих за видами матеріалу або заготовок складів.

Для зберігання заготовок між операціями технологічного процесу в умовах одиничного й серійного виробництва планують міжопераційний склад 2. Для зберігання готових деталей передбачений склад 3 із відділенням або секцією для комплектування деталей у потрібній кількості й асортименті на складання. Для зберігання й видачі на складання комплектуючих виробів слугує склад комплектуючих виробів 4. Складені й випробувані вироби надходять на склад готових виробів 5 з експедицією, де здійснюють остаточне комплектування виробів необхідною документацією, їхню упаковку та відправлення споживачу.

Розглянута структура може змінюватися як за складами, так і за їхнім місцем у виробничому процесі. Для поточно-масового виробництва міжопераційний склад не передбачають. Єдність цілей і функцій складів забезпечує можливість їхньої централізації. При централізації зростає ефективність використання складського транспорту та обсягу складів, але продовжуються маршрути цехового транспорту. Тому основним критерієм вибору структури складської системи є найменші приведені витрати на створення й експлуатацію загальної транспортно-складської системи.



### **1.5.3 Підсистеми зберігання в механоскладальному виробництві. Визначення площ складів і накопичувальних систем на дільницях**

*1.5.3.1 Підсистеми зберігання металу, заготовок, напівфабрикатів і готових виробів.* При великому обсязі випуску доцільно організовувати склади напівфабрикатів, матеріалів і заготовок при відповідних цехах-споживачах. В умовах великосерійного й масового виробництва склади матеріалів і заготовок розміщують у заготівельному цеху підприємства, а на початку ліній механічної обробки відводять зону шириною 2–3 м, на якій розміщують тари із заготовками. В одиничному й серійному виробництві в механоскладальних і допоміжних цехах організовують цехові склади, які розміщують на початку прогонів відповідно типовим технологічним процесам.

*Міжопераційні склади* призначаються для зберігання деталей при переході від однієї операції до іншої і проєктуються тільки в непотоковому виробництві для заготовок, які пройшли контроль після попередньої обробки і які мають бути надіслані на наступну операцію. В умовах потокового виробництва невеликий міжопераційний запас напівфабрикатів знаходиться безпосередньо біля верстатів або на підвісному конвеєрі [7].

*Проміжний склад* є місцем накопичення й зберігання остаточно оброблених деталей. Крім того, на нього надходять деталі й вузли, необхідні для комплектування складання з інших цехів і підприємств. В умовах непотокового виробництва проміжний склад організують у вигляді окремого приміщення. При потоковому виробництві необхідні заділи готової продукції складують біля складальних місць або розміщують над конвеєрами в підвішеному стані.

Для зберігання й транспортування заготовок і деталей слід застосовувати оборотну уніфіковану тару (рис. 1.24). Зберігання деталей у підвісних секціях вантажонесучих і штовхаючих конвеєрів допускається при відповідному обґрунтуванні.

Склад прокату й штучних заготовок розміщують на початку прогонів механічного цеху або в спеціальному прогоні, перпендикулярному до прогонів із дільницями механічної обробки. Другий варіант дозволяє розмістити в прогоні складу мостовий кран у звичайному виконанні або мостовий кран-штабелер, що дуже важливо для комплексної механізації і автоматизації складських робіт.



а)



б)



в)



г)

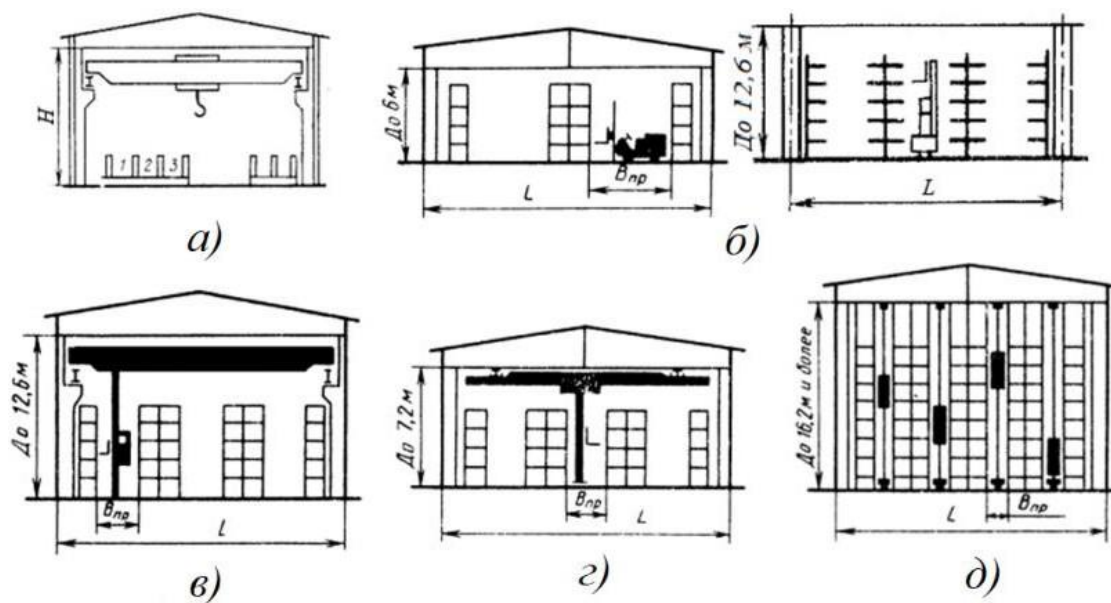
*а – дерев'яний піддон; б – пластиковий піддон; в – палетний фронтальний стелаж з уніфікованою тарою; г – уніфікований ящик для зберігання метвиробів*

*Рисунок 1.24 – Приклади уніфікованої тари для зберігання і транспортування заготовок і деталей*

У машинобудуванні широко використовують круглий, фасонний та трубний прокат для отримання штучних заготовок. Штучні заготовки використовують для кування або штампування заготовок необхідної форми і розмірів або безпосередньо піддають механічній обробці. Тому в залежності від обсягів виробництва у складі машинобудівного заводу передбачають централізований склад металу із заготівельним цехом або склади металу при механічних цехах із заготівельними дільницями для різання прокату.

Склади прокату створюють також при автоматних цехах. Для розміщення металопрокату використовують спеціальні стелажі, конструкція яких визначається видом підйомно-транспортних засобів, що використовуються на складі. У найпростішому варіанті використовують стелажі зі стійками (рис. 1.25, а), що встановлюються на підлозі. Завантаження й вивантаження металопрокату в цьому випадку здійснюють мостовими, підвісними або козовими кранами. Недоліком подібних складів є велика площа складування при значних обсягах металопрокату, що зберігається, особливо при різноманітному сортаменті.

Значно більшу місткість мають склади з консольними стелажми, однак для їхнього обслуговування необхідні спеціальні навантажувачі з бічним висувним вантажозахоплювачем (рис. 1.25, б та 1.26, б), мостові крани-штабелери (рис. 1.25, в, г, 1.26, г) або стелажні крани-штабелери (рис. 1.25, д). В останньому випадку забезпечуються найбільша продуктивність складування й високий рівень автоматизації при використанні штабелерів із програмним керуванням.



*а – склад із мостовим або підвісним краном;*

*б – склад із навантажувачем із бічним висувним вантажозахоплювачем;*

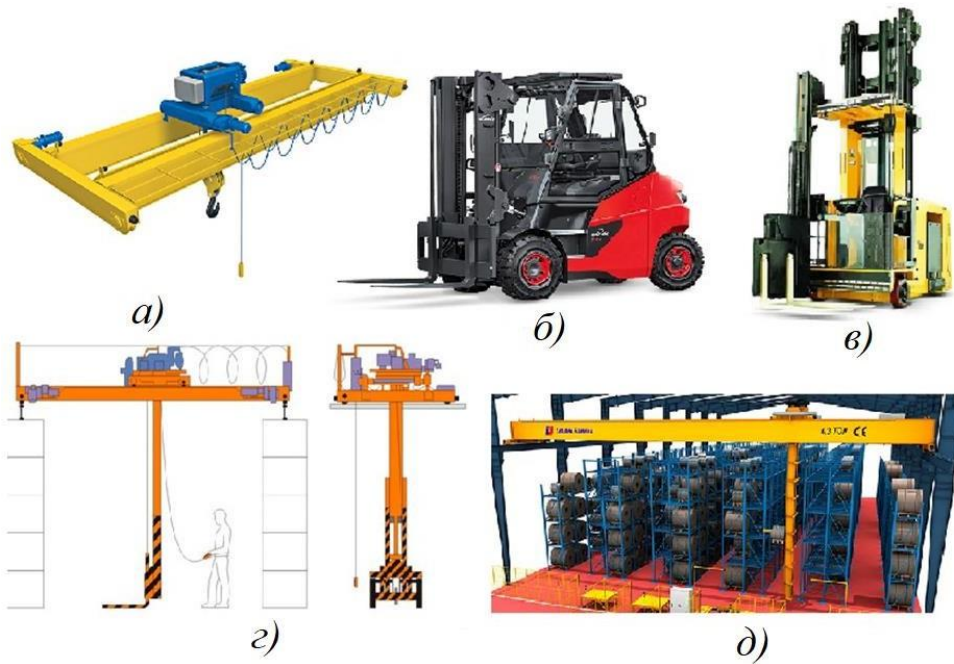
*в – склад із мостовим краном-штабелером, який має керування з кабіни;*

*г – склад із підвісним краном-штабелером при обслуговуванні з підлоги або пульта; д – склад зі стелажним краном-штабелером*

*Рисунок 1.25 – Стелажні конструкції для зберігання пруткового металопрокату [7]*

Для відрізання прокату на штучні заготовки в прогони складу, у безпосередній близькості від стелажів, встановлюють відрізні верстати, які забезпечені напівавтоматичними живильниками. Тому чергову порцію прокату зі складу краном-штабелером або мостовим краном розвантажують безпосередньо на конвеєр живильника. За такою схемою працюють автоматизовані склади металопрокату. Штучні заготовки, а також різаний прокат зберігають у тарі.

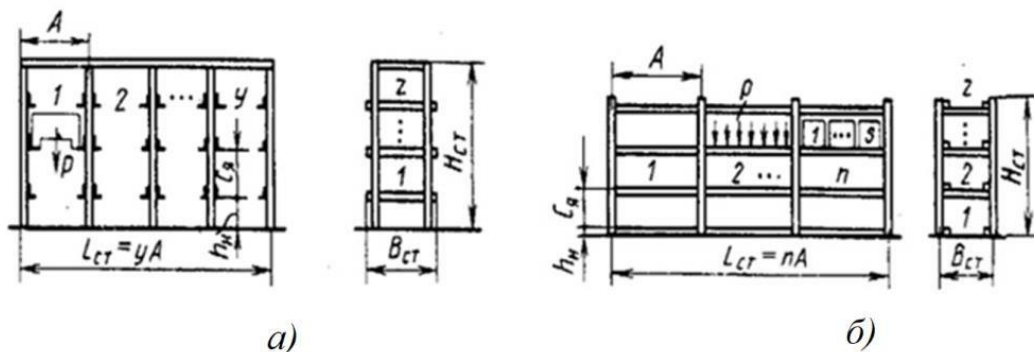
Для середніх і великих цехів, особливо при великій номенклатурі заготовок, більш доцільне зберігання заготовок у тарі на стелажі.



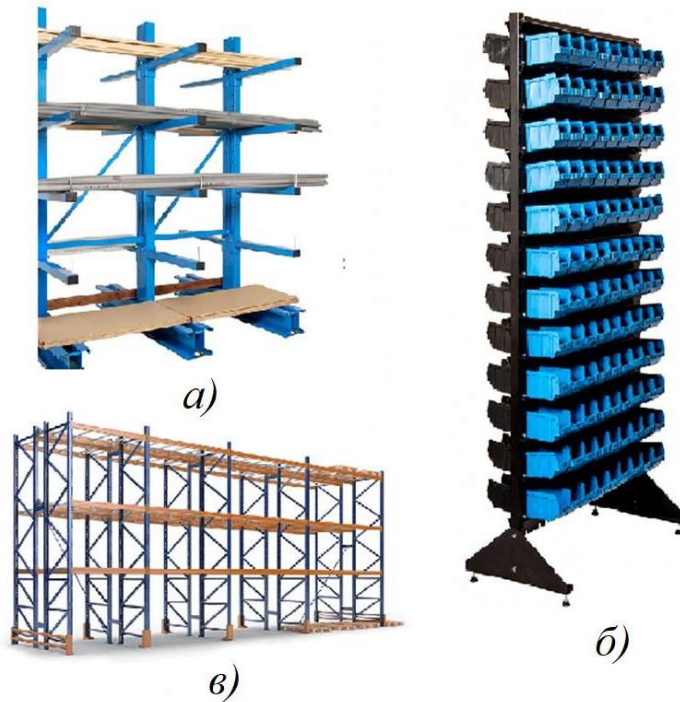
*а – двобалочний кран мостового типу; б – навантажувачі з бічним висувним вантажозахоплювачем; в – вузькопрохідний штабелер; г – мостовий кран-штабелер; д – стелажний кран-штабелер*  
 Рисунок 1.26 – Приклади вантажопідійомних машин, що використовують на складі

Габаритні схеми клітинних стелажів наведені на рис. 1.27. Основні параметри наведені в додатку Д, табл. Д.1. Приклади стелажів наведені на рис. 1.28.

Склади стелажної конструкції більш місткі в порівнянні зі складами, де заготовки зберігаються штабелями, займають меншу площу завдяки кращому використанню будівлі по висоті, а також дають можливість автоматизувати складські роботи.



*а – безполичні стелажі; б – каркасні стелажі*  
 Рисунок 1.27 – Схеми клітинних стелажів за [27]



*а – консольний стелаж; б – стелажі для метвиробів;  
в – фронтальний стелаж*  
*Рисунок 1.28 – Приклади клітинних стелажів*

Ефективними є склади стелажної конструкції при великій номенклатурі заготовок і напівфабрикатів. При цьому для вантажу кожного найменування відводиться своя зона зберігання, що забезпечує чітку організацію складських робіт.

Недоліком складів стелажної конструкції є їхня мала пристосованість до зміни планування, оскільки для створення такого складу потрібні спеціальні фундаменти із заставними елементами.

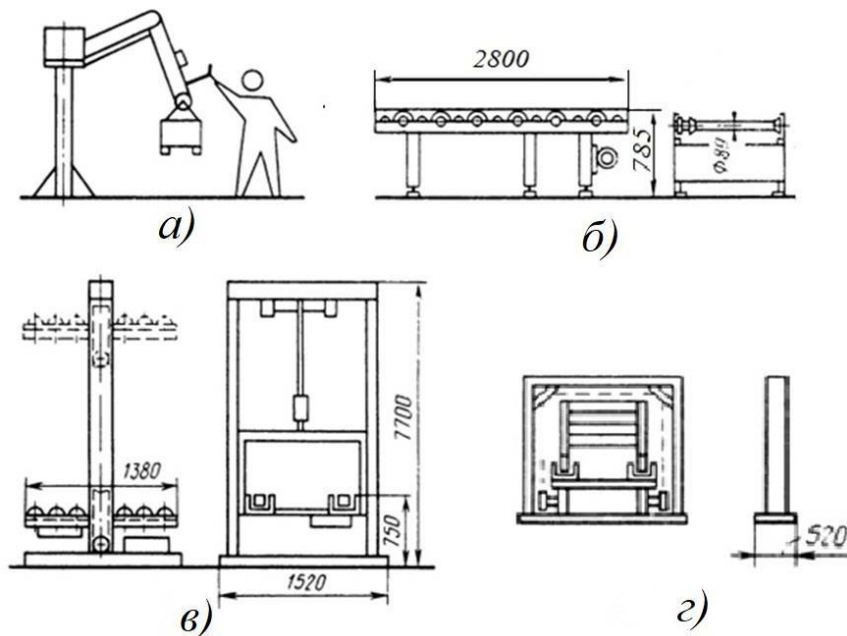
Для механізації операцій підйому й переміщення в зоні прийому й відправки вантажів ефективно використовувати шарнірно-балансирні врівноважені маніпулятори з ручним керуванням. Ці маніпулятори випускають із пневматичним і електромеханічним приводом, вантажопідйомністю 40...250 кг і радіусом обслуговування до 3,1 м (рис. 1.29).

Для переміщення піддонів із ділянки розвантаження в зону зберігання застосовують роликові конвеєри, які можуть включати підйомники секції автоматичного зважування й контролю габаритних розмірів (рис. 1.29).

Автоматизовані склади зазвичай використовують обладнання, яке має чітке функціональне призначення. Однак при обмеженому вантажопотоці в зоні прийому й відправки вантажів працюють крани-штабелери, що обслуговують зону зберігання.



При точних розрахунках складів [7; 22] ураховують номенклатуру заготовок, напівфабрикатів, деталей і визначають основні параметри складу – потрібну кількість тари, кількість осередків, секцій, стелажів, підйомно-транспортного й складського обладнання й на основі планування уточнюють потрібну площу й визначають кількість працюючих.



*а – шарнірно-балансирний багатоланковий маніпулятор;  
б – перевантажувальний роликовий конвеєр; в – підйомник;  
г – секція контролю габаритних розмірів*

*Рисунок 1.29 – Обладнання для прийому й перероблення вантажів на складах [7]*

Укрупнений розрахунок виконують на підставі нормативних даних про запаси зберігання заготовок, напівфабрикатів і готових деталей, використовуючи техніко-економічні показники складів діючого виробництва.

При розрахунку площі  $S_c$  складів напівфабрикатів, матеріалів і заготовок, а також проміжних (міжопераційних) складів виходять із необхідного запасу й характеристики підлоги [20]:

$$S_c = \frac{Q_p \cdot A}{d \cdot q \cdot K_{в.с}}, \quad (1.65)$$

де  $Q_p$  – вантажопотік за рік або маса заготовок, що оброблюються впродовж року, т;

$A$  – запас зберігання заготовок, металу, напівфабрикатів, діб;

$D$  – кількість робочих діб за рік (245...255);

$q$  – припустима середня вантажонапруженість площі складу, т/м<sup>2</sup>;

$K_{в.с}$  – коефіцієнт використання площі складу, що враховує проходи та проїзди.

Типові норми для розрахунку площі складів за вищенаведеною формулою наведено в табл. Д.2 додатку Д.

Площу міжопераційного складу  $S_m$  визначають за формулою [20]

$$S_c = \frac{Q_p \cdot A \cdot (M-l)}{d \cdot q \cdot K_{в.с}}, \quad (1.66)$$

де  $M$  – середня кількість операцій обробки заготовок;

$l$  – середня кількість виконаних операцій обробки.

*Більш укрупнений розрахунок* передбачає визначення площі складів у залежності від виробничої площі:

$$S_c = (0,1-0,15) \cdot S_o, \quad (1.67)$$

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

Для складу заготовок, який поєднаний із заготівельним відділенням,

$$S_c = (0,1-0,2) \cdot S_o. \quad (1.68)$$

Кількість комірників, які обслуговують склади цехів механоскладального виробництва, визначають при укрупненому проектуванні в залежності від кількості виробничих верстатів у механічних і допоміжних цехах і кількості виробничих робітників у складальних цехах за наведеними в табл. Д.3 нормативами.

Кількість мостових кранів (кран-балок), авто- й електронавантажувачів, кранів-штабелерів та інших підйомно-транспортних засобів  $T_z$  періодичної дії для виконання операцій на складах визначають за формулою [20]

$$T_z = \frac{t_{m\Sigma} \cdot K_n}{\Phi_0 \cdot K_{в.м}}, \quad (1.69)$$

де  $t_{m\Sigma}$  – сумарний час роботи транспортного засобу для перевезення річного обсягу вантажу, год;

$\Phi_0$  – ефективний річний фонд часу роботи транспортного засобу;

$K_n$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність надходження й відвантаження вантажів, що дорівнює 1,95 за нормативами [20];

$K_{в.м}$  – коефіцієнт використання транспортного обладнання, який за нормативами [20] дорівнює 0,8.

Сумарний час транспортних операцій із перевезенням річного обсягу вантажу транспортом періодичної дії [20]

$$t_{m\Sigma} = \frac{T_{\text{ц}} \cdot \sum_{i=1}^m z_{mi} \cdot K_{m.TП}}{60 \cdot z_{mi}}, \quad (1.70)$$

де  $T_{\text{ц}}$  – середня тривалість одного транспортного циклу, хв.;

$\sum_{i=1}^m z_{mi}$  – сумарний вантажопотік, що переробляється даним видом

транспорту, т;

$K_{m.TП}$  – кількість транспортних операцій у технологічному процесі перевезення;

$z_{mi}$  – маса вантажу, що перевозиться транспортним засобом за один цикл, т.

Середня тривалість одного транспортного циклу перевезення [20]:

– для мостових кранів

$$T_{\text{ц}} = \frac{2,5H}{V_{\text{в}}} + \frac{2L}{V_{\text{нв}}} + \frac{2B}{V_{\text{мн}}} + t_0, \quad (1.71)$$

– для авто- й електронавантажувачів

$$T_{\text{ц}} = \frac{2,1H}{V_{\text{в}}} + \frac{2L}{V_{\text{нв}}} + t_0, \quad (1.72)$$

– для кранів-штабелерів

$$T_{\text{ц}} = \frac{2,1H}{V_{\text{в}}} + \frac{2L}{V_{\text{нв}}} + \frac{2B}{V_{\text{мн}}} + \frac{\sum \Theta}{360 \cdot \omega_{\text{к}}} + t_0, \quad (1.73)$$

– для штабелювальних кареток-операторів

$$T_{\text{ц}} = \frac{2,5H}{V_{\text{в}}} + \frac{2L}{V_{\text{нв}}} + \frac{4B}{V_{\text{мн}}} + t_0, \quad (1.74)$$

де  $H$  – середня висота підйому вантажу, м;

$L$  і  $B$  – відповідно, поздовжня й поперечна відстань транспортування, м;



$B'$  – поперечний хід каретки-оператора, м;

$V_v, V_{nv}, V_{nn}$  – відповідно, швидкості вертикального, поздовжнього й поперечного транспортування, м/хв.;

$\Sigma\theta$  – сума кутів повороту колони штабелера за повний цикл роботи, ...°;

$\omega_k$  – частота поворотів колони штабелера, об/хв.;

$t_0$  – додатковий час, витрачений на уточнення установки, захоплення й звільнення вантажу, включення кнопок керування, нахил рами та ін. Величина  $t_0$  визначається для кожного виду підйомно-транспортного засобу хронометражем. При укрупнених розрахунках приймають: для мостового крана – 1...2 хв.; автотранспортувача виличного – 1,6 хв.; автотранспортувача з крановою стрілою – 1,8...2,0 хв.; електротранспортувача виличного – 0,75 хв.

Прийняту кількість підйомно-транспортних засобів  $T_m$  визначають, як

$$T_{з.п} = \frac{T_з}{\eta_з}, \quad (1.75)$$

де  $\eta_з$  – середній коефіцієнт завантаження підйомно-транспортних засобів: для мостових кранів – 0,6...0,8; для електротранспортувачів – 0,75...0,80; для автотранспортувачів – 0,65...0,75; для кранів-штабелерів – 0,8...0,9.

Кількість робітників  $P_{m.c}$ , зайнятих на вантажно-розвантажувальних і транспортно-складських роботах, розраховують за трудомісткістю робіт для кожної професії працюючого:

$$P_{m.c} = \frac{T^P \cdot K_{д.ф}}{\Phi_0}, \quad (1.76)$$

де  $T^P$  – трудомісткість робіт для кожної професії робітників, людино-год;

$K_{д.ф}$  – коефіцієнт додаткових функцій. Приймають за нормативами для кожної професії.

*1.5.3.2 Проектування підсистеми зберігання технологічного оснащення та допоміжних матеріалів.* У складі механічних і складальних цехів передбачають комори спеціальних пристосувань, дільниці складання й зберігання універсально-складальних пристосувань (УСП) або універсально-складального переналагоджуваного оснащення (УСПО), комори допоміжних (обтиральних і господарських) матеріалів. Площу зазначених комор і дільниць визначають за нормами, наведеними

в додатку Д, табл. Д.4, на один виробничий верстат механічного цеху або на одного виробничого робітника складального цеху (відділення).

Зазвичай самостійні комори пристосувань і інструментального оснащення створюють у цехах одиничного, середньо- й дрібносерійного виробництва при кількості основних виробничих верстатів більше 50 одиниць, а в цехах великосерійного й масового виробництва – при кількості цих верстатів більше 200. В іншому випадку створюють загальну комору інструментів і пристосувань [20].

При визначенні кількості комірників виходять із того, що один комірник обслуговує наступну кількість виробничих верстатів механічного цеху [20]:

- в одиничному й дрібносерійному виробництві – 35...40;
- у середньосерійному – 60;
- у великосерійному – 75...85;
- у масовому – 95...105.

Аналогічні норми встановлені для визначення кількості комірників, пристосувань складального цеху. Один комірник обслуговує наступну кількість виробничих робітників складального цеху:

- в одиничному й дрібносерійному виробництві – 47...53;
- у середньосерійному – 53...60;
- у великосерійному – 67...73;
- у масовому – 73...80.

В обов'язки комірників крім отримання, видачі та зберігання пристосувань входить також комплектація оснащення відповідно до технологічного процесу. Оснащення та технічну документацію доставляють до верстатів, робочих місць і диспетчерських пунктів механізованих ділянок за допомогою електровізків та інших засобів малої механізації.

При проектуванні ділянки УСП або УСПО необхідно знати кількість  $Z_{cpr}$  складально-розбірних пристосувань, що складаються на ділянці протягом року:

$$Z_{cpr} = N_{on} \cdot m, \quad (1.77)$$

де  $N_{on}$  – кількість операцій, які виконуються в цеху за рік із використанням універсального оснащення (зазвичай операції, що виконуються на верстатах свердлильно-розточувальної групи);

$m$  – середня кількість запусків заготовок на рік.

### 1.5.4 Складська система в умовах автоматизованого виробництва в машинобудуванні

Створення автоматизованих виробництв, ГВС передбачає і автоматизацію складування заготовок, готових деталей, пристосувань та іншого необхідного оснащення і запасних частин.

Склад в умовах автоматизованого виробництва є транзитним пристроєм, який забезпечує автоматичний вибір потрібної заготовки або оснащення за командою від керуючої ЕОМ і може бути єдиним для декількох автоматичних ліній, ГАЛ, ГАД. Гнучкість і автоматизація складських систем збільшується завдяки їхній багаторядності, багатоповерховості й застосуванню автоматичних перевантажувачів-штабелерів. Класифікація автоматичних складів за типами обладнання представлена на рис. 1.30.



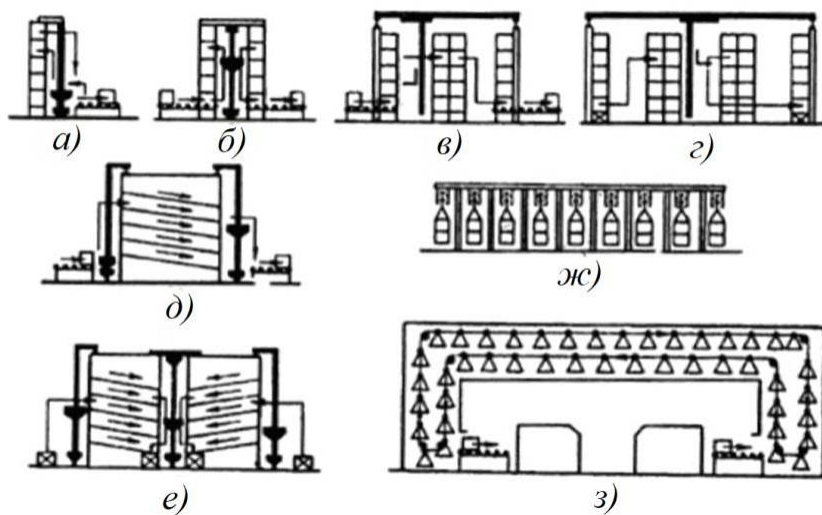
Рисунок 1.30 – Класифікація автоматичних складів за типами обладнання

Автоматизований склад може складатися з різних сполучень наступних технологічних відділень:

- зони зберігання вантажів;
- відділень прийому й видачі вантажів;
- відділення укладання деталей і виробів у транспортно-складську тару та ін.

Найчастіше застосовується в автоматизованому виробництві стелажний склад, який складається з наступних елементів: стелажні конструкції,

автоматизовані складські штабелювальні машини (складський робот), транспортно-складська тара, пристрої для передачі тари (завантаженої або порожньої) зі штабелювальної машини на накопичувач (у тому числі на підлогу, конвеєри або спеціальні пристрої), пристрої для передачі тари з накопичувача на транспортну систему автоматичних ліній, у тому числі ГАЛ, ГАД, і у зворотному напрямку, технічні засоби систем автоматичного керування складами та ін. (рис. 1.31).



*а, б – зі стелажними кранами-штабелерами; в, г – з мостовими кранами-штабелерами; д, е – з гравітаційними стелажними кранами; ж – підвісний на базі навісного конвеєру; з – елеваторний*

*Рисунок 1.31 – Приклади автоматизованих складів [7]*

При необхідності детального проектування автоматичних або автоматизованих складів ГВС слід використовувати методи й методики, викладені в спеціальній літературі [7; 28; 29].

### Контрольні питання

1. Яке основне призначення складської системи в механоскладальному цеху?
2. У чому різниця між централізованою, децентралізованою та комбінованою складською системами?
3. Як розрахувати площу складу заготовок?
4. Які особливості складської системи в умовах автоматизованого виробництва?

## 1.6 Транспортна система, її призначення та проектування

1. Призначення й класифікація транспортних систем
2. Основні напрямки при проектуванні транспортної системи
3. Схема транспортних зв'язків і технологічний процес транспортування
4. Визначення складу й основних характеристик елементів транспортної системи

### *1.6.1 Призначення й класифікація транспортних систем*

Ефективність виробничого процесу залежить від способу виконання транспортування, оскільки транспортні операції є безпосереднім вираженням зв'язків між окремими етапами технологічного процесу. Транспортна система (ТС) повинна своєчасно і в необхідній послідовності забезпечити виконання всіх запитів технологічного обладнання, накопичувачів і складу в необхідних заготовках, напівфабрикатах і готових виробах. Основне призначення транспортної системи в механоскладальних цехах машинобудівного виробництва наведено на рис. 1.32.

При виборі способу транспортування й елементів ТС слід орієнтуватися на класифікацію вантажів і ТС. Вантажі класифікують за транспортно-технологічними характеристиками: масою, розміром, формою, способом завантаження, виглядом і властивостями. Для характеристики вантажопотоків із метою оптимального вибору транспортної системи розбивка вантажів на групи здійснюється, як показано на рис. 1.33. Щодо класифікації за принципом маршруту слідкування (рис. 1.33) – оптоелектронні системи, у свою чергу, бувають виконані у вигляді: флуоресцентної смуги, датчиків, що працюють в ультрафіолетовому спектрі; світловідбиваючої металізованої або металевій смуги; білих смуг із чорною окантовкою з датчиками контрасту двох кольорів. Класифікація транспортних систем наведена на рис. 1.34.

Транспортування виробів може виконуватися на супутниках і без супутників. Другий спосіб в основному використовують для деталей типу тіл обертання (вали, втулки, фланці й т. п.), для яких характерна наявність ідентичних і концентрично розташованих поверхонь, які дозволяють виконати точне орієнтування й затиск різних заготовок на обладнанні без додаткових пристосувань, а також напівфабрикатів, що мають достатню стійкість при транспортуванні.

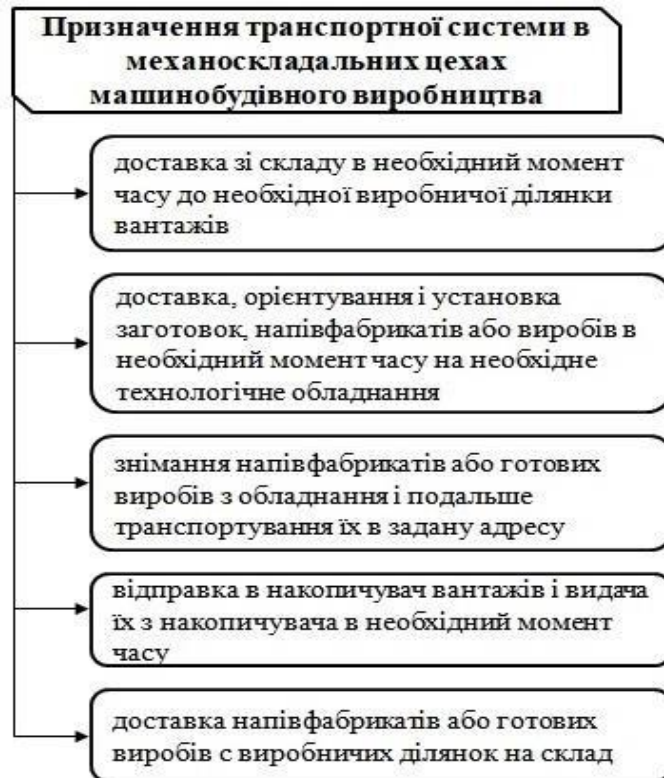


Рисунок 1.32 – Основне призначення транспортної системи в механоскладальних цехах машинобудівного виробництва

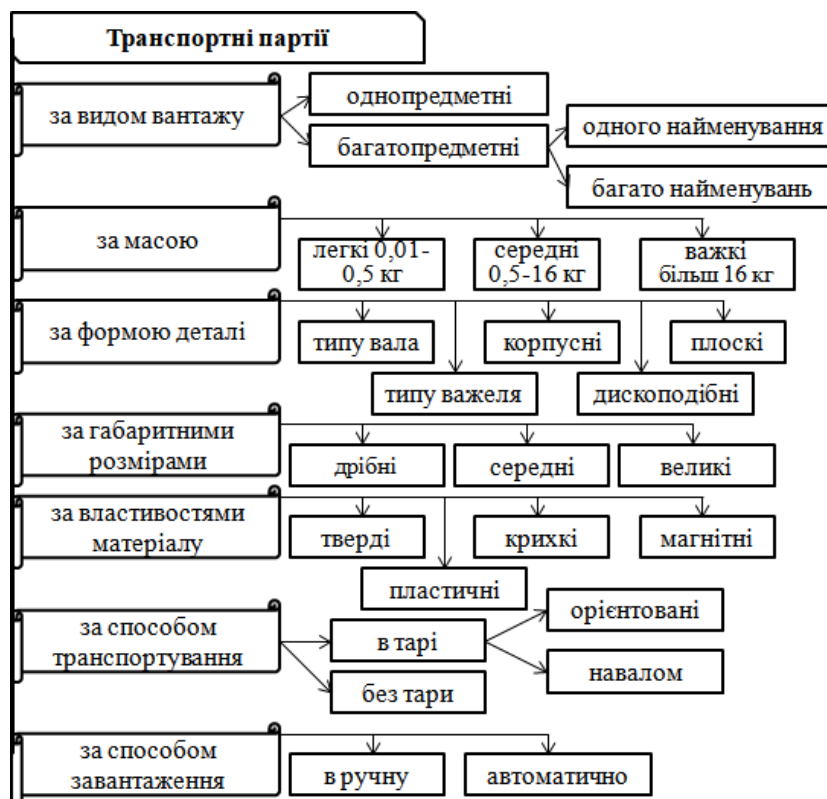


Рисунок 1.33 – Класифікація виробничих вантажів

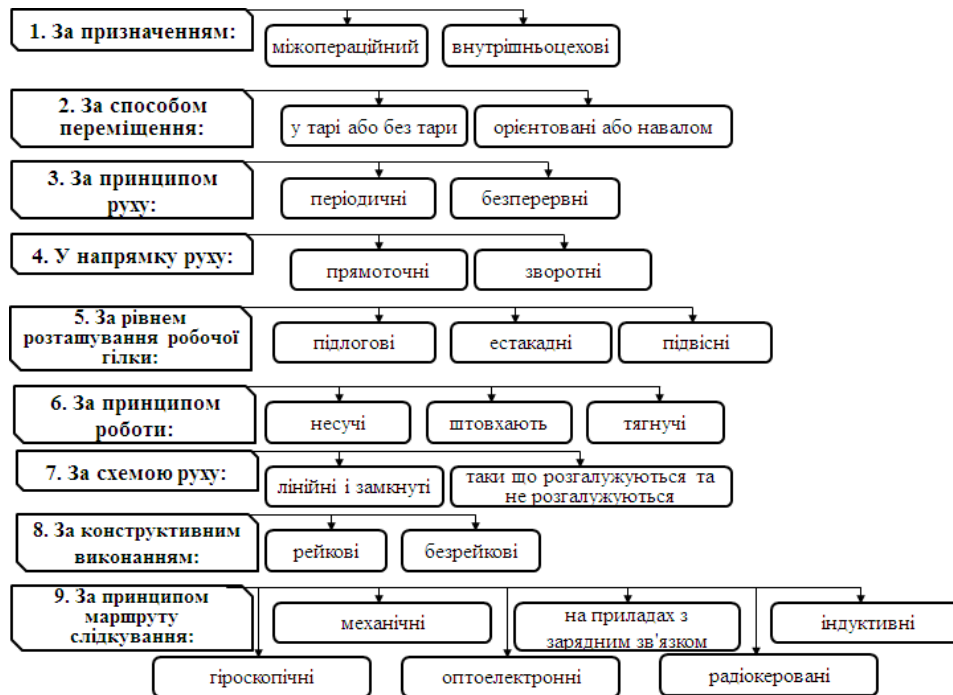


Рисунок 1.34 – Класифікація транспортних систем

Перевезення на супутниках широко застосовують тому, що при цьому допускається автоматизація зміни напівфабрикатів завдяки єдності основних баз супутника й допоміжних баз пристосувань, що встановлюються на робочих столах верстатів і устаткованні ТС. Використання супутників збільшує витрати на створення транспортно-складської системи. У ряді випадків напівфабрикати можуть бути встановлені на змінні столи верстатів. Такий спосіб установки найчастіше використовують у ГВС при виготовленні великогабаритних деталей.

У механоскладальному виробництві широко застосовані ТС періодичної і безперервної дії. Транспортні системи періодичної дії поділяють на дві групи: ТС із жорстким зв'язком, які використовують у поточному виробництві, і ТС із гнучким зв'язком. Тип транспортної системи вибирають з урахуванням часу виконання технологічних операцій і умов виготовлення виробів.

*Підлогова транспортна система* – це ТС, у якій робоча гілка розміщена на рівні підлоги. Транспортну систему, у якій робоча гілка розміщена на рівні рук робітників, називають *естакадною*, а якщо вище цього рівня, то *підвісною*.

Вантажонесучі ТС мають одну робочу гілку, а штовхаючі – дві гілки: верхню (тягову) і нижню (вантажну). У результаті цього остання може зупинити вантаж у будь-який момент часу. Тягучі конвеєри найчастіше використовують для складання виробів, що мають власні колеса.

Створення єдиної ТС механоскладального виробництва дозволяє виконувати орієнтування в просторі заготовок, напівфабрикатів і готових деталей у процесі їхнього транспортування між робочими місцями (позиціями) на механічних дільницях, аж до робочих місць (позицій) на складальних дільницях. Це призводить до скорочення транспортних операцій з додаткового орієнтування заготовок, напівфабрикатів і готових деталей, що в підсумку знижує трудомісткість і собівартість транспортування.

Розглянуту класифікацію ТС використовують при проектуванні механоскладального виробництва. Для кожного типу транспортної системи розроблені уніфіковані елементи, які дозволяють створювати ефективні та надійні ТС, і тільки в окремих випадках слід створювати спеціальні транспортні засоби. Особливу увагу при проектуванні ТС слід приділяти рівню автоматизації транспортних операцій, який вибирають, виходячи з економічних міркувань.

### ***1.6.2 Основні напрямки при проектуванні транспортної системи***

Основним завданням при проектуванні ТС є скорочення обсягу підйомно-транспортних операцій і зниження трудовитрат при заданому обсязі робіт.

*Напрямки підвищення ефективності роботи транспортної системи:*

1. Зменшення загальної маси оброблюваних заготовок, шляхом вибору раціональної форми заготовки, яка наближається до форми готової деталі та призводить до скорочення маси вантажів. Використання відливок і поковок, попередньо оброблених на заводах централізованого виготовлення.

2. Раціональне компоновання та планування цеху (дільниці), що скоротить потужності вантажопотоку. Наприклад, розміщення складу напівфабрикатів у механоскладальних корпусах не тільки скорочує транспортні шляхи, а й сприяє покращенню експлуатації транспорту.

3. Скорочення вертикальних переміщень вантажів шляхом дотримання сталої висоти приймальних секцій і рівня підлоги. Транспортування напівфабрикатів у виробничій тарі з виключенням можливості вивантажувати їх на підлогу або піднімати з підлоги вручну.

4. Подетальна й предметна спеціалізація механоскладального виробництва дозволяє позбутися зайвих переміщень вантажів, зворотних рухів вантажів та скоротити маршрути руху вантажів.



5. Типізація технологічних процесів транспортування та використання однотипних транспортних засобів, що дозволить застосувати найбільш раціональний типаж обладнання й оснастки, упорядкувати розробку технологічних процесів транспортування, а також скоротити терміни доставки на технологічне обладнання необхідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів і виробів.

6. Збільшення транспортної партії шляхом використання контейнерного перевезення вантажів.

### ***1.6.3 Схема транспортних зв'язків і технологічний процес транспортування***

За основу проєктування ТС беруть схему транспортних зв'язків механоскладального виробництва, на яких указують вантажопотоки між технологічним обладнанням, накопичувачами, виробничими дільницями і складами. Згідно з наведеною вище класифікацією ТС, необхідно побудувати внутрішньоцехову схему транспортних зв'язків, що показує вантажопотоки між виробничими дільницями й складами, і міжопераційні схеми транспортних зв'язків виробничих дільниць.

*Вихідні дані для побудови внутрішньоцехової схеми транспортних зв'язків:*

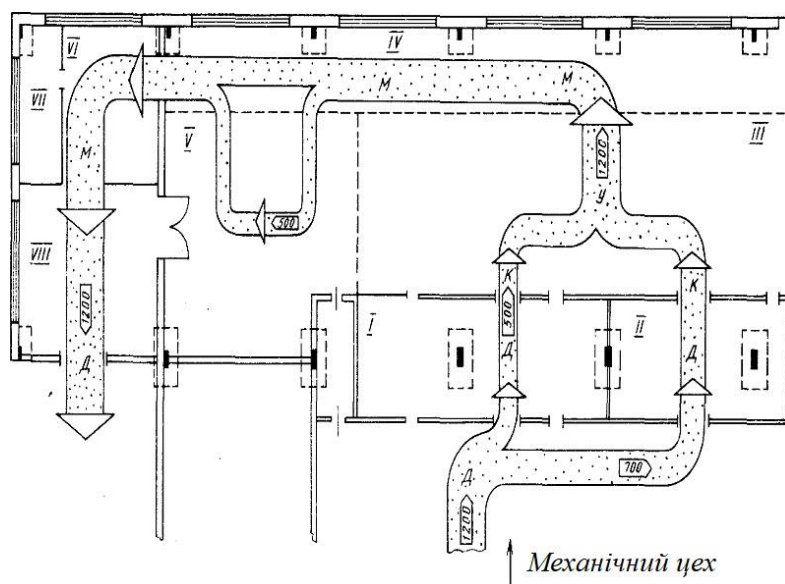
- технологічні процеси виготовлення продукції, що визначають послідовність проходження вантажів між виробничими дільницями;
- попередня компоновка цеху й вантажообіг по цеху;
- номенклатура, габаритні розміри й маса вантажів;
- вимоги до умов їхнього переміщення.

Остаточне корегування схеми транспортних зв'язків виконують при завершальному компонуванні цеху.

Для визначення вантажообігу по цеху необхідно виявити потребу в основних і допоміжних матеріалах, заготовках, напівфабрикатах і виробках у тоннах на всю програму випуску для кожної виробничої дільниці, а також програму випуску напівфабрикатів, готових виробів у тоннах із кожної виробничої дільниці. Якщо ТС повинна доставляти на виробничі дільниці інструмент, технологічне оснащення, то при визначенні загального вантажопотоку необхідно буде враховувати і їхню масу.

Вантажопотоки наносять на компонування у вигляді смуг, ширина яких пропорційна їхнім значенням (тонн на добу або тонн на рік).

Вантажопотоки зображують штрихуванням (або фарбою) різного кольору, що відповідає тому чи іншому роду вантажа; напрямок вантажопотоків, який повинен відповідати фактичній трасі руху вантажів, указують стрілками в місцях входу й виходу, а при великій кількості вантажопотоків також на всьому шляху. На рис. 1.35 показана схема транспортних зв'язків складального цеху [7].



*I – склад готових деталей; II – ділянка фарбування корпусних деталей; III – ділянка складання вузлів і комплектів; IV – ділянка монтажу машин; V – ділянка випробування й налагодження машин; VI – ділянка забарвлення й налагодження машин; VII – ділянка для приготування фарби; VIII – ділянка комплектування та упакування; Д – вантажопотік окремих деталей; У – вантажопотік складених вузлів; К – вантажопотік складених комплектів; М – вантажопотік складених машин*

*Рисунок 1.35 – Приклад схеми транспортних зв'язків складального цеху [7]*

Схема вантажопотоків слугує базою для розробки технологічних процесів транспортних робіт, а також вибору виду, кількості та основних технічних параметрів засобів транспортування. При проектуванні виконують кілька варіантів схем вантажопотоків і вибирають найбільш раціональний. *Раціональна транспортно-технологічна схема повинна забезпечувати:*

- мінімальну кількість дійсно необхідних операцій;
- мінімальні відстані транспортування і кількість перевалок вантажів;
- малу кількість перетинів і розгалужень;
- автоматизацію кожної операції і всього процесу транспортування;

- максимально можливе суміщення підйомно-транспортних операцій з операціями виготовлення виробів;
- однотипність засобів автоматизації процесів транспортування;
- вимоги охорони праці;
- економічну ефективність і ремонтпридатність.

Міжопераційні схеми транспортних зв'язків виробничої ділянки будують за вказаними вище вимогами та передбачають наявність технологічних процесів виготовлення виробів, що визначають послідовність проходження вантажів між технологічними обладнаннями, попереднє планування ділянки й вантажообіг по ділянці.

До розробки технологічного процесу транспортування приступають після складання транспортних зв'язків виробничого процесу.

*Технологічний процес транспортування* – це частина виробничого процесу, під час якого відбувається зміна розміщення об'єкта виробництва в просторі без зміни його якості [22].

Технологічний процес транспортування складається з ряду операцій, що виконуються в певній послідовності. До таких операцій відносять: навантаження, транспортування, розвантаження, перевантаження, перекладання, кантування й завантаження. По можливості використовують типові технологічні процеси. Зазвичай розробляють маршрутні й операційні карти технологічного процесу транспортування, на основі яких визначають час транспортування для обраного типу транспортування [7].

#### ***1.6.4 Визначення складу й основних характеристик елементів транспортної системи***

На підставі технологічних процесів транспортування визначають тип транспортних засобів, а кількість і основні технічні параметри транспортних засобів кожного типу розраховують з урахуванням маси, габаритних розмірів, умов транспортування вантажних одиниць, схеми вантажопотоків і тимчасових зв'язків виробничого процесу. При побудові тимчасових зв'язків виробничого процесу слід урахувати частоту запитів технологічного обладнання, накопичувачів, складу в необхідних заготовках, напівфабрикатах і виробках. Усе транспортне обладнання можна поділити на основне (крани, конвеєри, транспортні роботи, пристрої пневмо- і гідротранспорту, підлоговий колісний транспорт: електронавантажувачі, електрокари, електротягачі, каретки-оператори, приводні й ручні візки)

та допоміжне (орієнтатори, адресувачі, штовхачі, скидачі, підйомні столи, поворотно-координатні столи, підйомники, виробнича тара).

*1.6.4.1 Основний міжцеховий транспорт.* Залізничний транспорт застосовують для міжцехових перевезень металу, великих і важких заготовок. Для транспортування таких вантажів рекомендується застосовувати платформи вантажопідйомністю 20–80 т і напіввагони вантажопідйомністю 60–80 т.

Автомобільний транспорт застосовують для міжцехових перевезень металу, заготовок, комплектуючих, готової продукції та відходів. Основним видом автомобільного транспорту слугують бортові автомобілі та самоскиди вантажопідйомністю 2,5–7,5 т, іноді до 14–20 т і більше. Застосовують укорочені, а також спеціально обладнані автомобілі.

*1.6.4.2 Підлогово-візковий транспорт* забезпечує роботу усередині цехів і складів, а також у якості міжцехового транспорту [20]. Автонавантажувачі – для транспортування вантажів, демонтажу, переміщення та монтажу технологічного обладнання масою від 1 до 10 т зі швидкістю 15–40 км/год. Оснащені двигунами внутрішнього згоряння та гідравлічним приводом механізму підйому вантажів.

Електронавантажувачі – для транспортування вантажів масою від 0,35 до 5 т на масивних і пневматичних шинах зі швидкістю 6–10 км/год. Використовують на складських роботах.

Електрокари – самохідні керовані візки, що рухаються від електродвигуна постійного струму, який отримує енергію від акумуляторної батареї, призначені для транспортування вантажів масою від 0,5 до 5 т із підйомною і непідйомною платформою.

Електротягачі – для транспортування вантажів масою від 0,5 до 0,8 т зі швидкістю від 7 до 12 км/год.

Трактори з причіпними візками – для транспортування вантажів масою від 2 до 5 т зі швидкістю 20 км/год.

Рейковий візок передавальний (без акумулятора й приводу) або з акумулятором – призначений для переміщення сировини, напівфабрикатів, заготовок на промисловому підприємстві залізничними шляхами.

Візок передавальний самохідний на гумовому ході – призначений для переміщення сировини, напівфабрикатів, заготовок на промисловому підприємстві. Опорно-пересувні механізми виготовлені із застосуванням коліс із пневматичними шинами або коліс футерованих гумою або поліуретаном. Вантажопідйомність 10–20 т, швидкість – до 20 м/хв.

*1.6.4.3 Кранове устаткування [20].* Мостові опорні крани – рухаються по підвісному або опорному крановому шляху, а по мосту крана

рухається вантажний візок або електротельфер. Мостовий кран виконує переміщення об'єктів між робочими місцями, розміщеними в прогоні. Використовують крани вантажопідйомністю від 5 до 75 т, іноді до 150–250 т, в особливих випадках до 1250 т. Пересуваються по підкранових шляхах, покладених на консолях колон. Допускається застосовувати тільки в цехах великих і важких деталей і вузлів (більше 5 т). Швидкість переміщення 30 м/хв.

Підвісні кран-балки – не вимагають установки колон для підкранових колій, що збільшує корисну площу цеху; мають невеликі габарити по вертикалі, що дозволяє отримати велику висоту підйому вантажу; дозволяють здійснювати стикування з монорельсовими шляхами й перехід талі з кран-балки на монорейку й назад, а також із кран-балки одного прогону на кран-балку іншого прогону.

Консольні (поворотні) крани з електроталями й підйомниками – застосовуються для обслуговування робочих місць (до чотирьох робочих місць) або верстатів. Установлюються на окремих стійках або на колонах (бувають підвісні, колонні або настінні), можуть бути вбудованими у верстат або підвішеними. Використовуються для завантаження-розвантаження підвісного конвеєру, їхня вантажопідйомність 0,25–3 т, виліт стріли 3–6 м.

Монорейки з електроталями, ручними талями, пневматичними або гідравлічними підйомниками – це підвісний шлях у вигляді двотаврової балки з електротельфером або неприводним візком (візок переміщається робочим). Використовують для обслуговування окремих робочих місць, при транспортуванні на значні відстані й міжпрогонні передачі вантажів. Вантажопідйомність електроталей 0,1–10, 20, 50 т, висота підйому – до 6 м, швидкість пересування – 20 м/хв. Недоліком монорейок є мала ширина зони обслуговування. Для її збільшення використовують гнучку підвіску монорейок на тягу довжиною до 1,5 м, що дає можливість відвести електроталь на 700–800 мм від номінальної осі підвіски в кожен бік.

Крани-штабелери опорні та підвісні обслуговують склади зі штабельним і стелажним збереженням вантажів у тарі. Вантажопідйомність – від 0,125 т до 5 т, висота підйому вантажів – до 12,4 м, швидкості пересування моста – до 60 м/хв і поперечного руху візка – до 12,5 м/хв.

*1.6.4.4 Підвісний транспорт [20].* Вантажонесучий конвеєр – каретки з підвісками для вантажів прикріплені до тягового елемента (ланцюга) і переміщаються по трасі підвісних шляхів, уздовж яких тягнеться ланцюг. Вантажопідйомність кареток 250, 500 і 800 кг, діапазон швидкостей – 0,3–31,5 м/хв. Завантаження й розвантаження підвісок конвеєра може здійснюватися вручну, напівавтоматично, автоматично.

Штовхаючий конвеєр – тяговий елемент, не прикріплений до вантажного візка, що рухається по окремому вантажному ходовому шляху за допомогою кулака-штовхальника, прикріпленого до тягового ланцюга, що рухається на каретках по верхньому тяговому шляху. Вантажопідйомність – 32, 125, 500 і 1250 кг; діапазон швидкостей – від 0,8 до 24 м/хв.

Вантажотягнучий конвеєр – транспортування вантажу на підлоговому візку, який переміщується по підлозі за допомогою захвату або штовхальника, закріпленого на каретці, яка переміщається по підвісному шляху, транспортування важких вантажів – більше 2,5 т; можливість взаємодії з підлоговим транспортом; можливість адресного транспортування.

*1.6.4.5 Підлогові конвеєри й транспортери.* Застосовуються в умовах потокового виробництва [20]. Роликові конвеєри (рольганг) використовують для невеликих деталей вагою 25–100 кг із плоскою опорною поверхнею, можуть бути приводні й не приводні, переносні й стаціонарні, з ухилом 1–3 % або без нього.

Схили – виконуються у виді жолобів довжиною до 10 м з ухилом від 1:10 до 1:15 і слугують для переміщення тіл обертання.

Сковзали – транспортні шляхи з листового матеріалу, виконуються з ухилом 1:1 – 1:5 і застосовуються для переміщення плоских деталей або деталей у тарі на відстань до 5 м.

Стрічкові конвеєри – використовуються для транспортування дрібних деталей у поточно-масовому виробництві і являють собою текстильну прогумовану стрічку шириною 200–800 мм, що рухається по настилу або роликових опорах. Вантажопідйомність до 250 кг, швидкість 6–30 м/хв.

Пластинчасті конвеєри – міжпозиційне переміщення об'єктів, застосовують у складальних поточкових лініях як технологічний транспорт. Довжина – до 200 м, ширина настилу – 400–1600 мм, швидкість конвеєра – від 1 м/хв до 20 м/хв.

Візкові конвеєри – міжпозиційне переміщення агрегатів. Використовують у складальних, експериментальних і рідше – механічних цехах поточкового виробництва, вантажопідйомність візків – від 10 до 8000 кг, ширина – 700–1600 мм, швидкість руху – від 0,2 до 12 м/хв.

У потоковому виробництві тимчасові зв'язки будуються на основі такту випуску виробів, і рух вантажів – прямоочний, що значно спрощує завдання щодо проектування транспортної системи [7].

У непотоковому виробництві тимчасові зв'язки мають складний стохастичний характер, що ускладнює процес проектування з наступних причин [7]:  
– недостатність наявних до початку проектування вхідних даних;

– недостатність знання закономірностей виробничого процесу в непотоковому виробництві і, як наслідок цього, складність обліку їх при проектуванні;

– імовірнісний характер вхідних даних (витрати часу на виготовлення виробів на технологічному обладнанні, кількість деталей у партії, послідовність запуску виробів у виробництво та ін.).

Складність проектування ТС непотокового виробництва змушує використовувати систему автоматизованого проектування (САПР), яка підвищує якість рішення задач проектування, знижує трудомісткість і терміни проектування. Для вирішення такого завдання за допомогою САПР необхідно побудувати імітаційну модель виробничого процесу [7].

У непотоковому виробництві, що складається з  $N$  одиниць обладнання  $N \{N_1, N_2, \dots, N_n\}$  компонування  $K$ , необхідно виготовляти  $8$  найменувань  $p$  виробів  $D \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$ , які потребують витрат часу  $T_{um} \left\{ \sum_{i=1}^t t_{um_1}, \sum_{i=1}^t t_{um_2}, \dots, \sum_{i=1}^t t_{um_s} \right\}$ . Виготовлення кожної деталі являє

собою упорядковану послідовність – технологічний маршрут  $\{M_i\}$ . Будь-яка операція виконується на верстаті безперервно з моменту її початку й до кінця й визначається тривалістю  $t_{ums}$ . Заготовки надходять на обробку різними партіями  $n \{n_{D1}, n_{D2}, \dots, n_{Dn}\}$  у будь-якій послідовності  $n^* \{n^*_{Dn}, n^*_i, n^*_{D1}\}$ .

Завдання проектування транспортної системи непотокового виробництва зводиться до наступного: при заданих початкових даних і технічних обмеженнях розробити оптимальний варіант транспортної системи, що включає визначення кількості  $N$  і швидкості  $V$  транспортних пристроїв, місткості вхідних  $E'$  і вихідних  $E''$  накопичувачів, кількості супутників  $N_C$  і алгоритму керування ( $AU$ ), щоб приведені витрати на створення виробничої системи склали [7]

$$F_1 = F(S, T_{um}, M, n, n^*, N_T, N_C, V, E', E'', AU) \rightarrow \min. \quad (1.78)$$

Розглянутий метод проектування полягає в розбитті складної системи на  $K'$  взаємопов'язаних рівнів, що характеризуються послідовно зростаючим від рівня до рівня ступенем деталізації проектних рішень [7]

$$П \rightarrow \left\{ \underset{i1}{П^1}, \underset{i2}{П^2}, \dots, \underset{in}{П^{K'}} \right\}. \quad (1.79)$$

Процес проектування на кожному рівні розбивають на сукупність проектних операцій, які ітераційне пов'язані між собою і здійснюють формування декількох проектних варіантів, їх аналіз та оптимізацію. На кожному рівні проектування корегують вихідні положення і висувають вимоги до подальшого рівня проектування.

Таким чином, при переході від одного рівня проектування до іншого ступінь деталізації і точності моделей зростає від евристичних на першому етапі до точних моделей, що відображають стохастичний характер виробничого процесу непотокового виробництва.

Вибір типу внутрішньоцехового транспорту й планування транспортної системи залежать від типу й характеру виробництва, виробничої програми, будівельної частини виробничого корпусу, технологічного обладнання та інших факторів.

Таким чином, необхідну кількість підйомно-транспортного обладнання можна визначити шляхом докладних розрахунків, що наведені вище, або на основі розрахунку маси та кількості переміщуваних вантажів, або за даними, отриманими дослідним шляхом, або на основі досвіду роботи подібних виробництв.

Кількість підлогово-візкового транспорту розраховується за формулою [9]

$$T_{\Pi} = \frac{Q \cdot K_1 \cdot T_{\text{м.П}}}{i \cdot q_{\Pi} \cdot K_2 \cdot \Phi_0 \cdot 60}, \quad (1.80)$$

де  $Q$  – річний вантажообіг цеху, т;

$K_1$  – коефіцієнт нерівномірності вантажообігу (1...0,75);

$T_{\text{м.П}}$  – загальний час пробігу (оборот) підлогово-візкового транспорту (електрокара), хв.;

$i$  – показник системи перевезень,  $i = 1$  – для односторонньої маятникової системи перевезень,  $i = 2$  – для двосторонньої маятникової системи перевезень;

$q_{\Pi}$  – вантажопідйомність електрокара або візка, т;

$K_2$  – коефіцієнт використання вантажопідйомності (~0,8);

$\Phi_0$  – ефективний річний фонд часу роботи візків при відповідній кількості змін роботи, год.

Загальний час пробігу розраховується наступним чином [9]:

$$T_{\text{м.П}} = T_{\text{ПР}} + T_{\text{Н}} + T_{\text{Р}} + T_{\text{З}}, \quad (1.81)$$

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



$T_H$  – час на навантаження, хв.;  
 $T_P$  – час на розвантаження, хв.;  
 $T_3$  – час випадкових затримок (до 10...15 % на кожний рейс, хв.).  
 Час пробігу в обидва кінці візка

$$T_{ПР} = \frac{2 \cdot L}{V}, \quad (1.82)$$

де  $L$  – середня відстань при маршрутних перевезеннях, м;  
 $V$  – середньотехнічна швидкість візка (електрокара), м/хв.

Кількість мостових кранів для механічних цехів розраховується за формулою [9]

$$T_{МК} = \frac{n \cdot i \cdot T_{м.МК}}{m \cdot T_{0з}}, \quad (1.83)$$

де  $n$  – кількість деталей, які підлягають транспортуванню в зміну;  
 $i$  – середня кількість транспортних операцій на деталь;  
 $T_{м.МК}$  – загальний час пробігу крана, хв;  
 $m$  – кількість деталей, які одночасно переміщуються;  
 $T_{0з}$  – час роботи в зміну, хв.

Загальний час пробігу мостового крану  $T_{м.МК}$  [9]

$$T_{м.МК} = T_{ПР} + T_H + T_P + T_3, \quad (1.84)$$

де  $T_{ПР}$  – час одного пробігу мостового крану, хв.

$$T_{ПР} = \frac{L}{V}, \quad (1.85)$$

де  $L$  – середня довжина пробігу крана, м;  
 $V$  – середня швидкість руху крана,  $V = 30 \dots 80$  м/хв.

Укрупнено кількість кранів приймається: для механічних цехів – один кран на 40–80 м довжини прогону; для складальних цехів (прогонів) – один кран на 30–50 м довжини прогону.

При розрахунку підвісного й конвеєрного транспорту необхідно забезпечити можливість пропуску за визначений час потрібної кількості матеріалу, тому визначають швидкість переміщення [9]

$$V = \frac{q \cdot l_{к.п.}}{60 \cdot n}, \quad (1.86)$$

де  $q$  – продуктивність конвеєра, шт./год;

$l_{к.п.}$  – крок підвісок (візків, питома довжина), м;

$n$  – кількість виробів на одному підвіску (візку, питомій довжині), шт.

Для конвеєрів, що обслуговують верстатні лінії, швидкість приймають 1–6 м/хв. (при масі виробів 30–50 кг – не більше 3 м/хв). При обслуговуванні підвісним конвеєром мийних, фарбувальних або сушильних камер швидкість його визначають за формулою

$$V = \frac{L}{T_0}, \quad (1.87)$$

де  $L$  – загальна довжина робочої ділянки камери;

$T_0$  – технологічний (основний) час обробки.

Для розрахунку кількості транспортних конвеєрів визначають їхню продуктивність:

$$q = \frac{V \cdot n \cdot 60}{l}. \quad (1.88)$$

Загальна кількість одиниць тари одного найменування [7]

$$Z_{TO} = 1,15 \cdot (Z_{TC} + Z_{T.P.M} + Z_{T.З}), \quad (1.89)$$

де 1,15 – коефіцієнт, що враховує тару, яка перебуває в ремонті і на транспортній системі;

$Z_{TC}$  – кількість одиниць тари, що знаходиться в цехових складах;

$Z_{T.P.M}$  – кількість одиниць тари на робочих місцях;

$Z_{T.З}$  – кількість одиниць тари для зберігання міжопераційних і складських заділів на дільницях.

Кількість транспортних робітників визначають, виходячи з кількості транспортних засобів, які вимагають присутності персоналу, і відповідного режиму їхньої роботи. Після визначення типу й кількості транспортних засобів переходять до компонування транспортної системи.

## Контрольні питання

1. Яке основне призначення системи в механоскладальному цеху?
2. Класифікація вантажів.
3. Класифікація транспортних систем.
4. Для чого використовують пристосування-супутники?
5. Які транспортні засоби механоскладальних цехів вам відомі?
6. Що враховують при визначенні кількості транспортних засобів?

### **1.7 Система забезпечення інструментом механоскладального виробництва, її призначення й порядок проєктування**

1. Призначення, функції і структура системи забезпечення інструментом
2. Проєктування секції складання і настроювання інструментів
3. Відділення з відновлення різальних інструментів і ремонту оснащення

#### ***1.7.1 Призначення, функції і структура системи забезпечення інструментом***

*Система забезпечення інструментом* призначена для обслуговування всього технологічного обладнання цеху заздалегідь підготовленим інструментом, а також для виконання контролю за його експлуатацією. Виходячи з призначення системи забезпечення інструментом, можна сформулювати функції, які вона повинна виконувати (рис. 1.36).

Усі стандартні інструменти зазвичай виготовляють спеціалізовані інструментальні заводи, що впливає на їх вартість і підвищує якість. Орієнтовно, до 50% різального інструменту в дрібносерійному виробництві, 40 % – середньосерійному, 30 % – великосерійному та масовому економічно вигідно задовольняти за рахунок оптових поставок від спеціалізованих підприємств. Спеціальні інструменти й пристосування виготовляють в інструментальному цеху на самому заводі або купують. Система інструментозабезпечення цеху є складовим елементом в інструментальному

господарстві заводу. Склад інструментального господарства заводу представлений на рис. 1.37. Загальне керівництво всім інструментальним господарством заводу здійснює інструментальний відділ.



Рисунок 1.36 – Функції системи забезпечення інструментом



Рисунок 1.37 – Склад інструментального господарства заводу

При проектуванні системи забезпечення інструментом слід урахувати існуючі способи організації заміни інструментів.

*Заміна інструментів за відмовами* – кожен інструмент, замінюють після виходу його з ладу через випадковий період часу безвідмовної роботи. Контроль за зносом інструменту виконує виробничий працівник, який обслуговує обладнання, або засоби діагностики стану різальної кромки інструменту.

При *змішаній заміні* кожен інструмент замінюється примусово через певний проміжок часу, а інструмент, що вийшов із ладу раніше, замінюють по відмові. За таким способом частина інструментів буде замінена до використання ними повного ресурсу, при цьому необхідно мати лічильники циклів для кожного інструменту (або групи інструментів), налаштовані на період їхньої заміни.

При *змішано-груповій заміні* – групу інструментів, які мають однакові середню стійкість і закон її розподілу, замінюють одночасно, незалежно від часу роботи кожного інструменту. Переваги цього способу в тому, що при груповій заміні інструментів час на заміну одного інструменту зменшується в порівнянні з індивідуальною примусовою заміною. При виборі способу організації заміни інструменту в умовах значного розсіювання періоду стійкості інструментів змішано-групова заміна виявляється доцільною лише в разі, коли відмова інструменту може завдати серйозної шкоди обладнанню або заготовці [7].

Номенклатуру різального інструменту встановлюють, виходячи з розроблених технологічних процесів виготовлення виробів. Мінімальну величину оборотного фонду різального інструменту  $H_\phi$  кожного типорозміру визначають за формулою [7]

$$H_\phi = I_1 + I_2 + I_3, \quad (1.90)$$

де  $I_1$  – кількість комплектів інструменту на робочому місці, шт.;

$I_2$  – кількість комплектів інструменту на відновленні, шт.;

$I_3$  – страховий запас в системі інструментозабезпечення, шт. У страховому запасі найбільшу кількість складають інструменти з малою стійкістю (мітчики, розгортки й т. д.).

Мінімальний оборотний фонд визначають за нормативами [20] у залежності від кількості замін на зміну й інструментів, задіяних у виробництві. Для непотокового виробництва мінімальний оборотний фонд може бути визначений за табл. Е.1, додаток Е.

Максимальний оборотний фонд інструмента [7]:

$$H = I_{\phi} + I_n, \quad (1.91)$$

де  $H_n$  – норма витрати інструменту за вибраний проміжок часу, шт.

Оборотний фонд допоміжного інструменту встановлюють із розрахунку: два комплекти в секції обслуговування, два комплекти налаштованого інструменту на кожен верстат.

При побудові системи інструментозабезпечення виробничих ділень за основу прийнята система централізованого забезпечення технологічного обладнання комплектами заздалегідь налаштованих інструментів відповідно до виробничої програми випуску, а також виконання всіх вище вказаних функцій системи інструментозабезпечення. Комплекти можуть бути постійними для певного виду обладнання та включати у свій склад різальні або складальні інструменти, набір універсально-вимірювальних і кріпильних інструментів та інструменти разового застосування. Комплекти разового застосування комплектують, складають і налаштовують на ділянці інструментальної підготовки. Вони складаються з різальних або складальних, вимірювальних і допоміжних інструментів.

У потоковому виробництві використовують декадну норму витрат інструменту, яку визначають за «точною» програмою випуску на підставі технологічних процесів, розроблених для виробів усіх найменувань. Із загального часу технологічного процесу виявляють час формоутворення кожним типорозміром інструменту і визначають декадну норму витрати наступним чином [7]:

$$H = \frac{T_{\Sigma\phi}}{T_{\partial}}, \quad (1.92)$$

де  $T_{\Sigma\phi}$  – сумарний час формоутворення даними типорозміром інструменту всіх деталей за декаду, год;

$T_{\partial}$  – дійсний час служби даного типорозміру інструменту (із урахуванням усіх можливих повторних переточок), год.

Сумарний час формоутворення цим типорозміром інструменту всіх деталей за декаду [7]

$$T_{c.\phi} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\phi i} \cdot O_i \cdot 10}{60 \cdot 365}, \quad (1.93)$$

де  $T_{\phi i}$  – час формоутворення цим типорозміром різального інструменту  $i$ -го найменування деталі, хв.;

$O_i$  – річний обсяг випуску  $i$ -го найменування деталі, шт.;

$n$  – кількість найменувань деталей, шт.

Для визначення тривалості роботи в годинах інструмента, який заточують, повторно розраховують можливу кількість повторних заточок інструменту до повного використання його робочої частини [7]:

$$m = \frac{L}{l}, \quad (1.94)$$

де  $L$  – довжина робочої частини інструменту, мм;

$l$  – величина допустимого сточування робочої частини інструменту за одну повторну заточку, мм

Розрахунковий час роботи інструменту

$$T_p = T \cdot (m + l), \quad (1.95)$$

де  $T$  – час допустимої роботи інструменту без повторного заточення (стійкість інструменту).

При визначенні дійсного часу  $T_\partial$  роботи інструменту для обліку випадкових поломок вводять коефіцієнт  $\eta$  [20]:

$$T_\partial = T_p \cdot \eta. \quad (1.96)$$

У непотоковому виробництві беруть місячну норму витрат інструменту, яку визначають за нормативами (в середньому  $H_H = 1$ ).

До методів укрупнених розрахунків відноситься метод розрахунку за потрібною масою інструменту, при якому виходять із показників річної потреби в різальному інструменті на один верстат або тонну заготовок за видами й групами з урахуванням номенклатури, технології виробництва й рівня кооперування. Ціннісний метод відрізняється від розрахунку за потрібною масою тим, що приймають показник річної потреби інструменту й оснастки на одиницю устаткування, яке обслуговує, у ціннісному вираженні (гривнях).

Загальну масу інструменту (різального, вимірювального, допоміжного, а також пристосувань та оснащення в тоннах, яке необхідне для виконання річної програми випуску виробів основного виробництва) визначають [7]:

$$m_{in} = C_o \cdot q_{in} \cdot 10^{-3}, \quad (1.97)$$

де  $C_o$  – кількість верстатів у цеху основного виробництва, які обслуговуються, шт.;

$q_{in}$  – річна потреба в інструменті на один верстат, кг.

Річну верстатомісткість механічної обробки й річну трудомісткість слюсарно-складальних робіт при виготовленні пристосувань кожного типорозміру визначають, як [7]:

$$T_p = h_v \cdot m_{in}, \quad (1.98)$$

$$T_p^{сл.с} = h_{сл.с} \cdot m_{in}, \quad (1.99)$$

де  $h_v$ ,  $h_{сл.с}$  – відповідно, питома верстатомісткість механічної обробки (верстато-год) і трудомісткість слюсарно-складальних робіт (людино-год) при виготовленні 1 т інструменту.

При розрахунках трудомісткості й верстатомісткості виготовлення інструменту й пристосувань необхідно враховувати потребу не тільки цехів основного виробництва, але й допоміжних виробництв (ремонтно-механічного, інструментального, експериментального), а також роботи з відновлення та ремонту інструменту й технологічного оснащення. За відсутності детальних розрахунків маси інструменту приймають у межах 10–20 % від маси інструменту основного виробництва. Орієнтовна річна потреба в інструменті й пристосуваннях на одиницю основного обладнання цехів, а також трудомісткість виготовлення, ремонту й відновлення 1 т інструменту й пристосувань наведені у табл. Е.2, додатку Е.

Загальна кількість металорізальних верстатів, які необхідні для виготовлення інструменту означеного типу (різального, вимірювального, а також пристосувань), розраховується за наступною залежністю [7]:

$$C_p = \frac{T_p}{\Phi_0 \cdot K_3}, \quad (1.100)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт завантаження обладнання.

Кількість робочих місць для слюсарно-складальних робіт визначають за залежністю [7]

$$M_p = \frac{T_p^{сл.с}}{\Phi_0 \cdot \rho}, \quad (1.101)$$

де  $\rho$  – середня щільність робіт: при роботі на верстаті –  $\rho = 1$ , при роботі на стендах для вузлового й загального складання –  $\rho = 2, 3, 4$ , у залежності від розмірів, складності складання та інших особливостей виробу, що складається.



Метод розрахунку кількості технологічного обладнання інструментального цеху базується на застосуванні укрупнених нормативів процентного співвідношення кількості одиниць технологічного обладнання інструментального цеху і кількості обладнання, що обслуговується.

Розрахункова кількість верстатів визначається [30]:

$$C_p = C_o \cdot C_d \cdot K_u \cdot K_k, \quad (1.102)$$

де  $C_o$  – кількість одиниць устаткування, що обслуговується, тис. шт.;

$C_d$  – кількість верстатів інструментального відділення на 1000 одиниць обладнання, яке обслуговує цехи основного виробництва, шт. (див. табл. Е.3 додатку Е);

$K_u$  – коефіцієнт, що враховує рівень централізованих поставок інструменту (див. табл. Е.4 додатку Е);

$K_k$  – коефіцієнт, що враховує кількість устаткування, яке обслуговує (див. табл. Е.5 додатку Е).

Для обслуговування складальних цехів великосерійного й масового виробництва, які оснащені великою кількістю складного механізованого інструменту та пристосувань, на одне місце із застосуванням механізованого інструменту передбачають додатково 0,05–0,08 верстатів (від кількості робочих місць складання) в інструментальному цеху. Кількість обладнання для дільниць заточування інструменту в допоміжних цехах приймають 2 % від кількості верстатів, які обслуговують. Загальну кількість основного технологічного обладнання інструментального цеху в цьому випадку розподіляють між дільницями й відділеннями за нормативами. При укрупненому проектуванні кількість робочих місць слюсарно-складальних робіт приймають у кількості 45–55 % від розрахункової кількості обладнання цеху.

Функціонування централізованої системи обслуговування інструментом забезпечується технологічною службою виробничої дільниці, планово-виробничим бюро цеху, дільницею інструментальної підготовки. Схема організації системи інструментозабезпечення наведена на рис. 1.38.

Розподіл основного технологічного обладнання між дільницями і відділеннями інструментального цеху здійснюється у відповідності з нормативами [30] або за нормами підприємства [31].

При укрупнених розрахунках кількість робочих-слюсарів приймають у процентному відношенні від кількості верстатників відповідної дільниці [30; 31]:

- різального інструменту – 5–7 %;
- допоміжного й вимірювального – 20–70 %;
- пристосувань – 35–40 %;
- відновлення інструменту – 15–20 %.



*Рисунок 1.38 – Схема організації системи інструментазабезпечення цеху [7]*

У середньому кількість робітників-слюсарів становить 30–35 % від кількості верстатників інструментального цеху. Кількість допоміжних робітників приймають 15–20 % від кількості основних виробничих робітників, у тому числі робітники-контролери – 2–3 %. Інженерно-технічні працівники становлять 10–12 %, службовці – 1,5–2 % і молодший обслуговуючий персонал – 1–1,5 % від кількості всіх робітників цеху. При двозмінній роботі інструментального цеху кількість працюючих в першій зміні серед основних робітників становить 60 %, серед допоміжних – 60–65 %. Кількість ІТП, які працюють в конторських приміщеннях, становить приблизно 45–50 % від їхньої загальної кількості.

### ***1.7.2 Проектування секції складання і настроювання інструментів***

Секція призначена для складання та налаштування комплектів інструментів та передавання їх у секцію обслуговування інструментами виробничих ділянок. Уніфіковані елементи різальних інструментів дозволяють скоротити номенклатуру й загальну кількість інструменту. Уніфікація допоміжних інструментів (інструментальних оправок) дозволяє застосовувати їх на більшості верстатів, що входять в автоматизовані комплекси. При розмірному налаштуванні інструментів поза верстата різальну кромку встановлюють на необхідну відстань у радіальному й осьовому напрямках щодо основної бази (конусної частини хвостовика) згідно із значенням у картах настройки завданням.

Налаштовані інструментальні комплекти й вимірювальні інструменти розміщують в уніфікованій тарі. З метою раціонального розміщення їх і збереження точності налаштованих на розмір інструментів у тарі передбачені ложементи – позиції, які відповідають позиціям магазинів, револьверних головок, різцетримачів обладнання.

Для контролю правильності установки різальних інструментів у гнізда інструментальних магазинів верстатів і центрального магазину інструментів на конусній частини оправок виконані кодові гребінки, які встановлюються в пази. За їхньою допомогою набирається кодовий номер інструментального настроювання.

У зоні зберігання й комплектування інструментів і технічної документації проводять наступні роботи:

- отримання інструментів і технічної документації із ЦІС і розкладання їх по стелажах;

- підтримання оборотного фонду в межах від мінімального до максимального;

- вибір різальних, допоміжних, вимірювальних інструментів, технічної документації згідно із завданнями на настроювання та доставлення інструментів до робочих місць (позицій);

- подачу інструментів, карт настроювання, завдань до налаштування в секцію складання і настройки.

Комплектують інструменти комплектувальники на підставі завдання на настроювання та доставлення інструментів до робочих місць (позицій), технологічних процесів, карт настроювання інструментів.

Доставку інструменту до технологічного обладнання забезпечують: транспортні робітники, внутрішньоцеховий транспорт і транспортна система виробничої дільниці або спеціальна підвісна транспортна система, яка пов'язана з інструментальними магазинами верстатів.

Доставлення різальних інструментів може здійснюватися поштучно, блоками й комплектами та цілими інструментальними магазинами.

При доставленні інструментів до технологічного обладнання транспортними робітниками їхня кількість при технічному проектуванні визначається за формулою [8]

$$P_T = 0,06 \cdot N_c, \quad (1.103)$$

а кількість візків для доставки [8]:

$$N_T = k_t \cdot N_c, \quad (1.104)$$

де  $N_c$  – кількість верстатів, які обслуговуються;

$k_t$  – коефіцієнт, що враховує тип обладнання (для токарних верстатів  $k_t = 0,4$ ; для багатоцільових верстатів із магазином до 20 інструментів –  $k_t = 0,12$ ; до 50 інструментів –  $k_t = 0,6$ ; понад 50 інструментів –  $k_t = 1,2$ ).

Розбирання відпрацьованих інструментів здійснює слюсар-інструментальник, який виконує заміну затупленої пластини в інструментах із механічним кріпленням. Розібрані інструменти сортують за ступенем придатності й передають за призначенням (на контроль, відновлення, ремонт і т. п.). Кількість слюсарів-інструментальників:

– з розбирання інструментів при технічному проектуванні становить 40 % кількості слюсарів-інструментальників із налаштування інструментів;

– з комплектування інструментів – 50 % від кількості слюсарів-інструментальників із налаштування інструментів.

Площу для комірників-комплектувальників визначають через кількість працюючих у зміну. Орієнтовно, комірник-комплектувальник займає 5 м<sup>2</sup>, слюсар-інструментальник із розбирання інструментів – 7 м<sup>2</sup>. Площа для зберігання різальних інструментів [8]

$$S_{in} = N_c \cdot K_c \cdot s_2, \quad (1.105)$$

де  $K_c = 0,5$  – коефіцієнт, що враховує зберігання інструментів на висотних стелажах;

$s_2 = 0,7 \dots 2,2$  м<sup>2</sup> – площа, необхідна для зберігання інструментів для одного верстата (вибирають у залежності від серійності випуску й виду обладнання).

Загальна площа, яку займає секція обслуговування інструментом верстатів, – це сума площ зони зберігання, комплектування інструментів і технічної документації, а також зони розбирання відпрацьованих інструментів.

Площа комори слюсарно-складальних інструментів дорівнює 0,15 м<sup>2</sup> на одного слюсара-складальника основного виробництва. Призначена для зберігання інструменту для запресовування, свердління й нарізування різі, складання різевих з'єднань, вальцювання, клепання, обпилювання і зачищення, притирання, шабрування та інших робіт.

В ІРК розташовані комори абразивних і слюсарно-складальних інструментів. Комору абразивних інструментів створюють при наявності в цеху шліфувальних, відрізних, заточувальних або полірувальних верстатів. Площу комори визначають із розрахунку 0,4–0,5 м<sup>2</sup> на верстат, який обслуговують у потоковому виробництві, та 0,5–0,8 м<sup>2</sup> – у непотоковому виробництві [7]. Одного комірника приймають на 30–40 одиниць

обладнання. Комірник виконує доставку абразивних інструментів до верстатів та повертання зношених абразивних інструментів в комору.

Дільниця інструментальної підготовки складається із суми площі секції обслуговування інструментом верстатів і секції складання й налаштування інструментів.

У додатку Е в таблиці Е.6 наведено приклад планування типової дільниці інструментальної підготовки при обслуговуванні 10–20 токарних і свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатів із ЧПК, зі специфікацією до плану розміщення обладнання [7].

### ***1.7.3 Відділення з відновлення різальних інструментів і ремонту оснащення***

Відділення з відновлення різальних інструментів організовують для централізованого потокового ремонту різальних інструментів та їхнього повторного заточення. При кількості верстатів у механічному цеху 150–300 може бути організовано одне відділення з відновлення різальних інструментів, а якщо верстатів більше 300, може бути організовано 2–3 відділення з відновлення інструментів, які розміщують поряд із дільницею інструментальної підготовки. При кількості верстатів менше 150 відновлення різальних інструментів виконують в інструментальному цеху [8]. У відділенні з відновлення різальних інструментів слід передбачати електроімпульсні верстати, обладнання для електрохімічного заточування алмазними кругами твердосплавних інструментів, установки для напилення зносостійких покриттів, використання багатониткових кругів для шліфування мітчиків.

Кількість універсальних заточувальних верстатів у відділенні приймають: у потоковому виробництві – 3–5 %, у непотоковому – 3–4 % від кількості верстатів, які обслуговують. Більший відсоток заточувальних верстатів беруть при кількості верстатів, які обслуговуються, до 200 одиниць, менший – при кількості верстатів, які обслуговуються, понад 500 одиниць. Розраховують кількість основного обладнання на підставі показників середньої верстатомісткості відновлення 1 т різальних інструментів або відновлення інструментів одним верстатом у вартісному вираженні [20].

Зазначені відсотки приймають при обслуговуванні одношпindelних верстатів (шліфувальні та інші верстати, що працюють за допомогою абразивного інструменту, не враховують). Кількість заточувальних верстатів приймають рівною 4 % від кількості верстатів, які обслуговуються [8].

У відділенні з відновлення інструментів необхідно передбачати спеціальні верстати, які будуть застосовані для заточування черв'ячних фрез, різцевих головок, долб'яків, протяжок, шеверів та т. п. Кількість спеціальних верстатів приймають із розрахунку, що один верстат повинен обслуговувати 4–20 верстатів основного виробництва, на яких використовується відповідний інструмент. При малому завантаженні спеціального верстата заточку виконують в інструментальному цеху заводу.

Підраховану загальну кількість заточувальних верстатів розподіляють за типами відповідно до галузевих норм [30; 31]. Так, наприклад, при загальній кількості заточувальних верстатів 10–18 приймають: універсально-заточувальних верстатів – 4–7; заточувальних для швидкорізальних різців – 1–2, заточувальних для твердосплавних різців – 1–3, заточувальних для свердел – 2; універсально-шліфувальних – 1; плоскошліфувальних – 1; точило на колонці (електроточило) – 2. У відділенні з відновлення інструментів установлюють допоміжне обладнання: копіювально-шліфувальний верстат, настільне точило, ручний прес, заточувальний верстат для центрувальних свердел, заточувальний верстат для дискових пилок, верстати, плити перевірочні, відрізний верстат з абразивним інструментом, установку для напилення зносостійких покриттів.

За необхідною кількістю визначають верстати по їхнім типорозмірам відповідно до каталогу. Для цього визначають максимальні й мінімальні розміри заточувальних інструментів за технологічною документацією і підраховують, які розміри інструментів є найбільш вживаними. Якщо при розрахунку отримують, що необхідно мати лише один верстат певного типу, то слід вибирати такий типорозмір верстатів, на якому можлива заточка інструментів такого виду всіх розмірів.

Середня площа на один верстат у відділенні з відновлення різальних інструментів ураховує всю необхідну виробничу площу відділення з відновлення інструментів із площею, яку займає не тільки обладнання, але й верстаки, заточувальні пристосування й абразивні круги. Середню площу на один верстат можна визначити за розрахунком [8]:

- 12–14 м<sup>2</sup> – при великих виробках, що випускаються у цеху;
- 10–12 м<sup>2</sup> – при середніх виробках, що випускаються у цеху;
- 8–12 м<sup>2</sup> – при дрібних виробках, що випускаються у цеху.

У відділеннях з відновлення різальних інструментів слід передбачати установку вентиляційних пристроїв. Висоту приміщення відділення з відновлення інструментів приймають не менше 5–6 м [8]. Для пересування важких інструментів передбачають підвісний кран відповідної вантажопідйомності.

Орієнтовне планування обладнання й компоновальна схема відділення з відновлення інструментів і ІРК представлена на рис. 1.39. Інструмент приймає і перевіряє контролер-приймальник через вхід 1. Інструменти, які вимагають відновлення, передаються через вхід 3 до відділення з відновлення інструментів. Інші, через вхід 2 – у ІРК. Відновлений інструмент переводиться в ІРК через контролера-приймальника, який перевіряє якість його відновлення [7].

Кількість основних робітників у відділенні з відновлення інструментів визначають за кількістю верстатів з урахуванням змінності роботи. Обслуговування спеціальних верстатів із низьким показником завантаження здійснює один робочий. Кількість ІТП – 1–3 людини на відділення при кількості верстатів 5–20; службовців – 1–3 людини; молодшого обслуговуючого персоналу – одна людина [7].

Споживану потужність електродвигунів відділення з відновлення інструментів (верстати та обладнання для вентиляції) можна визначати приблизно з розрахунку 2 кВт на один верстат.



Рисунок 1.39 – Компоновання відділення з відновлення інструментів та ІРК [7]

Майстерню з ремонту інструментальної та технологічної оснастки організують у цехах при кількості верстатів більш 100–200 шт. При меншій кількості верстатів ремонт оснастки виконують в інструментальному цеху. У майстерні з ремонту оснастки виконують малий ремонт пристосувань та іншої оснастки.

При кількості верстатів у механічному цеху 160–400 або 260–630 робочих місць – у складальному цеху з використанням механізованих інструментів, у майстерні ремонту оснастки має бути 4–8 верстатів у залежності від програми випуску основного виробництва, серед них передбачають: токарно-гвинторізні – 1–3; універсально-фрезерувальні або поперечно-стругальні – 1–2; вертикально-свердлильні – 1; універсально-

шліфувальні – 1; плоскошліфувальні – 1. Допоміжне обладнання майстерні включає в себе: копіювально-шліфувальні верстати, настільне точило, настільно-свердлильні верстати, преси ручні й гідравлічні, електроерозійний верстат для вилучення зламаних інструментів з отворів (останній – тільки для механічних цехів), зварювальний агрегат. У майстерні з ремонту оснастки встановлюють розмічальну й контрольну плити з набором контрольних інструментів [7].

Площі майстерні з ремонту оснастки (за умови роботи слюсарів і лекальників в одну зміну) можна визначити, виходячи з норми  $s_p = 22\text{--}24 \text{ м}^2$  загальної площі на один основний верстат майстерні [7]. У цю норму включають площі для розміщення верстатів, контрольних плит і шаф для зберігання інструментів.

### **Контрольні питання**

1. Яке основне призначення інструментальної системи в механоскладальному цеху?
2. Перелічіть основні підрозділи інструментальної системи та їхні функції.
3. Які способи організації заміни інструментів існують у механічних цехах машинобудівного виробництва?
4. Як розрахувати оборотний фонд інструменту?
5. Який склад системи інструментозабезпечення?
6. Способи розрахунку кількості технологічного обладнання інструментального цеху.
7. Яке призначення контрольно-перевірочного пункту?
8. Яке технологічне обладнання необхідно передбачити у відділенні з відновлення інструментів?

### **1.8 Система ремонтного й технічного обслуговування механоскладального виробництва, її призначення та проєктування**

1. Призначення й структура системи ремонтного й технічного обслуговування
2. Проєктування цехової ремонтної бази, відділення з ремонту електроустаткування й електронних систем



3. Проектування підсистеми видалення й перероблення стружки
4. Проектування підсистем приготування й роздачі охолоджуючих рідин
5. Підсистема електропостачання, постачання стисненого повітря, забезпечення мікроклімату й необхідної чистоти повітряного середовища

### **1.8.1 Призначення й структура системи ремонтного й технічного обслуговування**

Система ремонтного й технічного обслуговування передбачена для забезпечення працездатності технологічного та підйомно-транспортного устаткування та інших технічних засобів виробництва, а також видалення й перероблення стружки, забезпечення робочих місць охолоджуючими рідинами, електроенергією, стисненим повітрям і створення необхідного мікроклімату та чистоти повітря в цеху. З цією метою в складі цеху або корпусу створюють *ремонтну базу*. Призначення системи ремонтного й технічного обслуговування та організаційні структури, які забезпечують її роботу, представлені на рис. 1.40.



*Рисунок 1.40 – Призначення системи ремонтного й технічного обслуговування та організаційні структури, які забезпечують її роботу*

При розміщенні декількох механічних або механоскладальних цехів в одному корпусі віддають перевагу централізації зазначених служб у маштабах корпусу й створенню відділень цехового підпорядкування для ремонтного й технічного обслуговування декількох цехів. Це сприяє скороченню матеріальних і трудових витрат.

### **1.8.2 Проектування цехової ремонтної бази, відділення з ремонту електроустаткування й електронних систем**

Основними завданнями ремонтної служби є: догляд і нагляд за діючим обладнанням, планово-попереджувальний ремонт технічних засобів усіх видів, а також модернізація існуючого та виготовлення нестандартного обладнання. Зазначені роботи виконує ремонтно-механічний цех заводу, а також корпусні (цехові) ремонтні бази та відділення з ремонту електроустаткування й електронних систем (рис. 1.41).

Існують три основні форми організації ремонтних робіт [7]:

1) на великих заводах масового виробництва застосовують *децентралізовану форму* організації ремонтних робіт, при якій ремонт обладнання всіх видів виконують корпусні (цехові) ремонтні бази, а ремонтно-механічний цех виготовляє нестандартне обладнання та запасні частини;

2) на підприємстві з кількістю верстатів до 600 застосовують *централізовану форму організації ремонту* обладнання – усі види ремонту виконують у ремонтно-механічному цеху, а служба цехового механіка виконує міжремонтне обслуговування обладнання;

3) на підприємствах із кількістю верстатів від 600 до 800 застосовують *змішану форму організації ремонтних робіт* – капітальний ремонт виконує ремонтно-механічний цех, а ремонт інших видів – цехові бази.

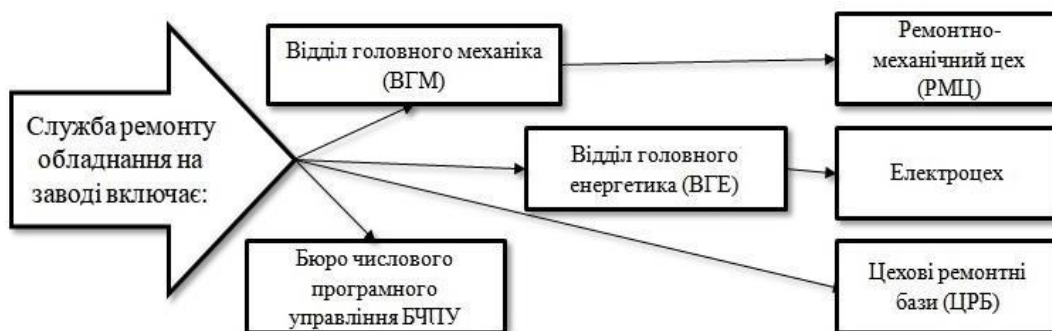


Рисунок 1.41 – Структура служби ремонту підприємства

В Україні використовується планово-попереджувальна система ремонту (ППР), яка визначає періодичність ремонтних робіт і дозволяє виконувати ці роботи плановим порядком [33]. ППР включає види робіт, які виконуються періодично, а саме: міжремонтне обслуговування, промивання, заміну й заповнення мастил, перевірку точності, огляд, малий і середній ремонти, капітальний ремонт (рис. 1.42). Усі види ремонтних робіт, крім капітального ремонту, виконують на місці установки верстата або іншого виду обладнання. *Структуру ремонтного циклу* (кількість і порядок, періодичність оглядів, малих і середніх ремонтів за період ремонтного циклу) визначають за характером і умовами роботи певного виду обладнання [33]. *Тривалість ремонтного циклу* – це відрізок часу між двома капітальними ремонтами. Позапланових ремонтів (викликаних аварією обладнання) після впровадження системи ППР не повинно бути взагалі.

*Оглядовий ремонт (огляди)* – проводять після встановлення встаткування на фундамент і запуску його до експлуатації для перевірки відповідності паспортним параметрам.

*Поточний ремонт* – проводять під час експлуатації встаткування в тих випадках, коли воно має незначні поломки, які призводять до його зупинки.

*Середній ремонт* – проводять після того, коли встаткування пройшло значний ресурс працездатності, має зношення окремих відповідальних вузлів, з'єднань деталей, які потребують повної заміни на нові, чи реставрації старих.

*Капітальний ремонт* – проводять після того, як устаткування вичерпало свій ресурс працездатності, утратило свої показники надійності, довговічності, точності й подальше використання його в роботі неможливе без повного ремонту або реставрації вузлів, механізмів, з'єднань, деталей, що вийшли з ладу, чи заміни їх на нові.

Виробничу програму ремонтного відділення визначають двома (розрахунковими) способами [31]:

1) безпосередньо в годинах, які необхідні для виконання верстатних і слюсарних робіт по ремонту кожного об'єкта [31];

2) кількістю умовних одиниць, яка прийнята в залежності від ремонтної складності об'єкта [31]. При цьому за умовну одиницю приймають певну трудомісткість для кожного виду ремонтної роботи якогось механізму, який прийнятий за еталон. Ця умовна одиниця є одиницею ремонтної складності, або ремонтною одиницею.



Рисунок 1.42 – Класифікація видів ремонту обладнання

Кожному виду технологічного обладнання призначають певну категорію ремонтної складності, тобто кількість ремонтних одиниць. Трудомісткість ремонтної одиниці для різних видів ремонтних робіт нормована [31–33]. Маючи ці показники, визначають загальну трудомісткість на виконання певного виду ремонтних робіт. Алгоритм визначення кількості верстатів ремонтного відділення в залежності від ремонтної складності об'єктів представлено на рис. 1.43.

Існують також укрупнені норми для визначення параметрів ремонтного відділення.

Кількість основних верстатів цехової ремонтної бази  $C_{p.рем.}$  визначають у залежності від кількості одиниць технологічного та підйомно-транспортного обладнання, яке обслуговується  $C_{o.од}$  [7]:

$$C_{p.рем.} = (0,02...0,026) \cdot C_{o.од}. \quad (1.106)$$

Менше значення приймають при  $C_{o.од} = 300$ , більше – при  $C_{o.од} = 5000$  та більше. При кількості основного обладнання більше 14 одиниць передбачають додаткове обладнання в кількості 10–23 шт.: приводні ножівки, шліфувальні верстати з гнучким валом, центрувальні верстати, гідравлічні і ручні преси, наждак, зварювальні трансформатори, настільно-свердлильний верстат.

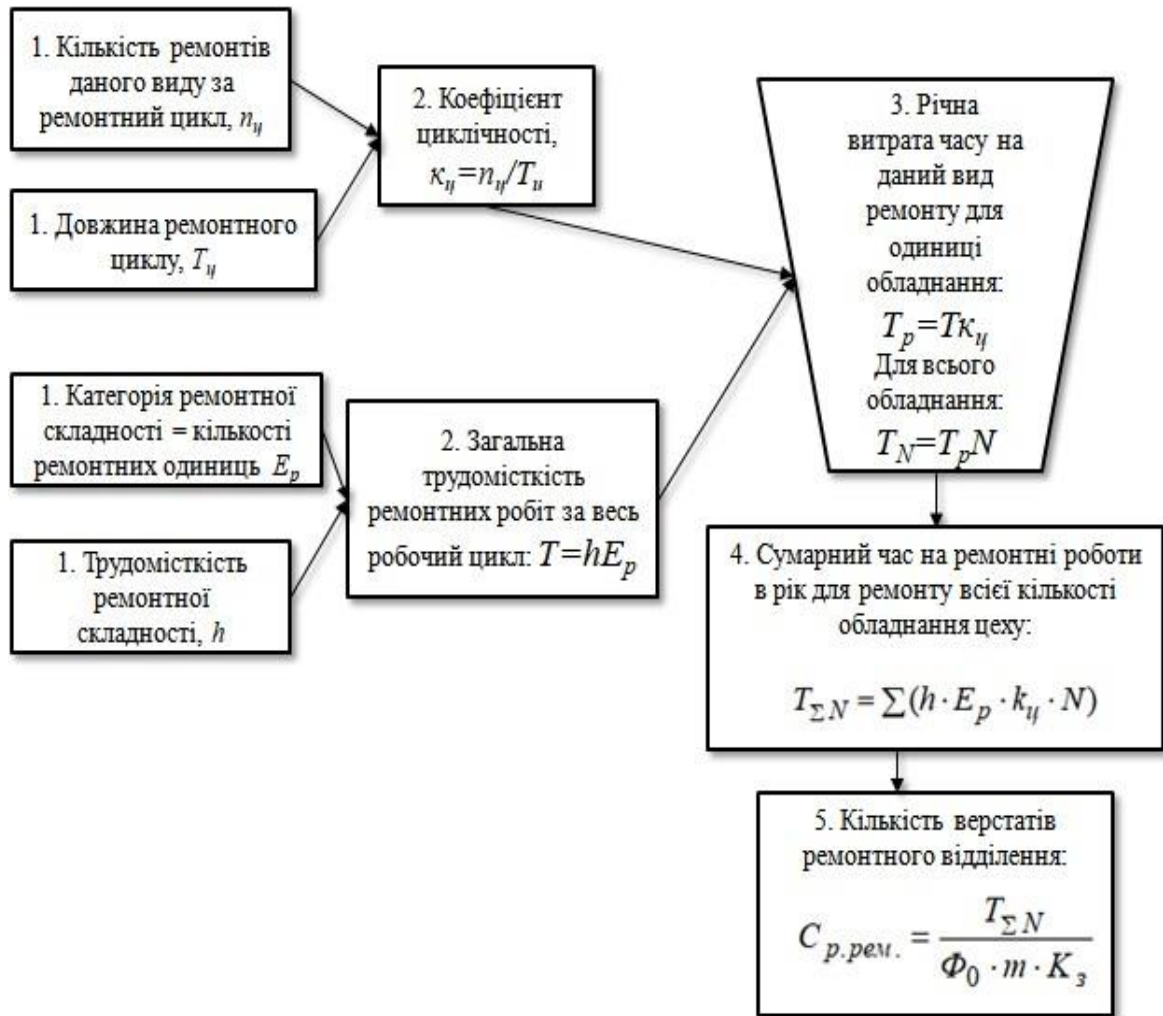


Рисунок 1.43 – Алгоритм визначення кількості верстатів ремонтного відділення

Площу цехової ремонтної бази визначають за нормою 22–28 м<sup>2</sup> на один основний верстат. Додатково виділяють площу для складу запасних частин у розмірі 25–30 % площі бази [7].

Кількість верстатників бази визначають за кількістю основних верстатів, приймаючи при розрахунку коефіцієнти: багатOVERстатного обслуговування – 1,05–1,1, завантаження та використання обладнання – 0,5–0,7. Кількість слюсарів беруть у відсотках від кількості верстатників бази (60–100 %). Кількість допоміжних робітників приймають рівною 18–20 % загальної кількості верстатників і слюсарів. Кількість ІТП, ЛКП, МОП визначають за нормативами проектування механічних і складальних цехів у залежності від кількості основних верстатів і кількості слюсарів (орієнтовно це ІТП – 9–12 %; ЛКП – 1,5–2,5 %; МОП – 1,0–1,5 % від кількості основних і допоміжних робітників ремонтного відділення) [32].

Відділення з ремонту електроустаткування й електронних систем призначене для періодичного огляду та ремонту електродвигунів вентиляційних систем цеху, пристроїв електроавтоматики й електронних систем. Площа відділення становить 35–40 % площі цехової ремонтної бази [7].

При створенні автоматизованих дільниць і ГВС можуть бути створені комплексні ремонтні бригади, куди входять слюсарі-ремонтники, електромонтери та наладчики пристроїв із ЧПК.

### **1.8.3 Проектування підсистеми видалення й перероблення стружки**

При виборі способів видалення і перероблення стружки визначають її кількість як різницю маси заготовок і деталей. При укрупнених розрахунках масу стружки можна приймати на рівні 10–15 % маси готових деталей.

Способи збирання стружки з робочої зони верстатів представлені на схемі (рис. 1.44).



Рисунок 1.44 – Способи видалення стружки з верстатів



Для покращення транспортування довжина стружки повинна бути не більше 200 мм, а діаметр спірального витка – не більше 25–30 мм.

Достатньо небезпечна зливна (стрічкова) стружка при точінні в'язких металів. На рис. 1.45 наведено класифікацію засобів керування зливною стружкою в процесі точіння сталей. Існує дві групи способів керування стружкою – це використання пристроїв, які відводять зливну стружку без зміни її форми, та пристроїв, що змінюють форму стружки в процесі різання на більш безпечну й транспортабельну. Організоване відведення зливної стружки без зміни її форми досягається відповідним компоновуванням вузлів верстата, яке забезпечує схід стружки на задню сторону верстата в спеціальний стружкозбірник.



Рисунок 1.45 – Способи керування зливною стружкою

Зливна стружка займає достатньо великий обсяг у стружкозбірнику, а вбудований шнековий транспортер не вирішує цю проблему. Більш зручно використовувати в процесі керування зливною стружкою способи її завивання та дроблення. Для відведення крихких матеріалів використовують спеціальні механізми. Схема організації збирання та транспортування стружки залежить від її річної кількості, утвореної на 1 м<sup>2</sup> цеху або корпусу (рис. 1.46).

Критерієм оцінки обраного варіанту є мінімальні приведені витрати на річний випуск.

Для цехів I групи при умові наявності ГВС для вивезення стружки використовують транспортні роботи. Спосіб транспортування, який визначено для I групи цехів, завжди застосовують, коли на дільниці обробляють заготовки з різномірних матеріалів.

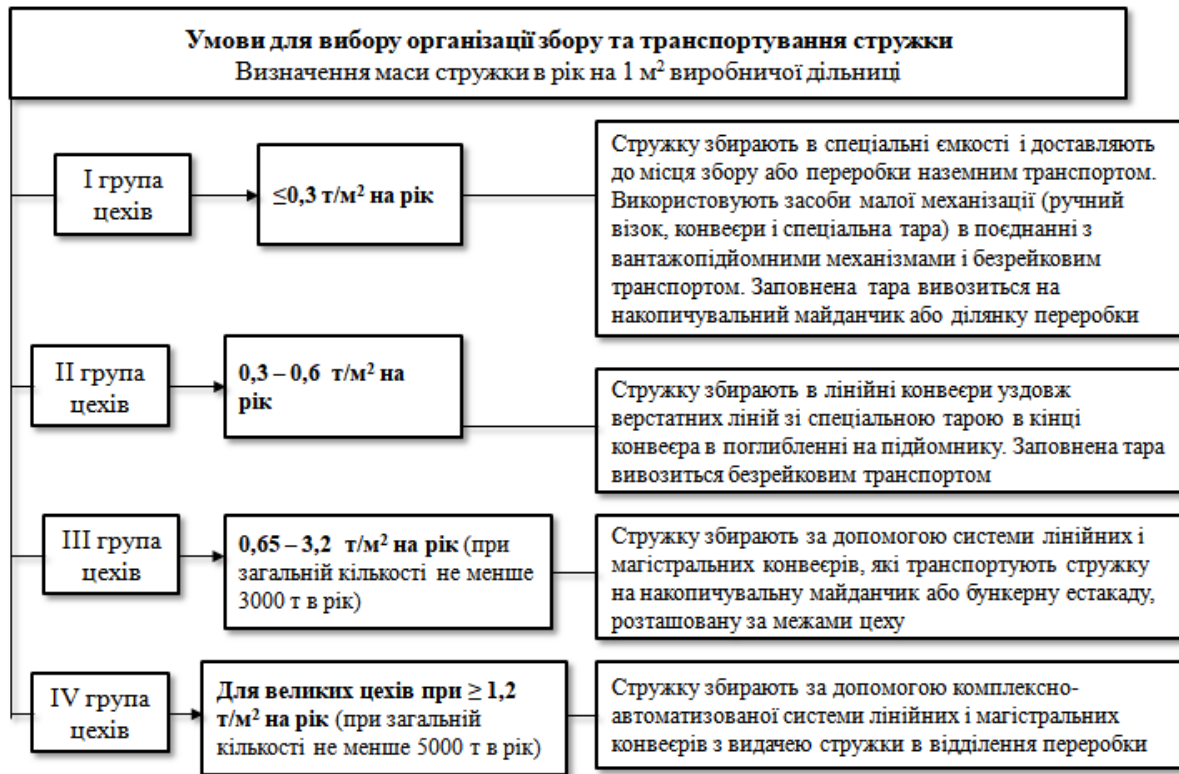


Рисунок 1.46 – Умови вибору організації збирання та транспортування стружки

На рис. 1.47 представлена типова схема збирання й транспортування стружки в цехах першої групи: 1 – прямик із встановленою на підйомнику тарою; 2 – конвеєр, що транспортує стружку в тару.

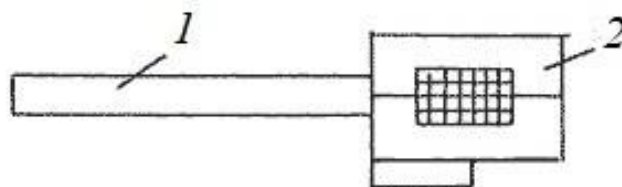


Рисунок 1.47 – Типова схема збирання й транспортування стружки в цехах першої групи [22]

Типова схема збирання й транспортування стружки в цехах другої групи (рис. 1.48, а): 1 – конвеєри лінійні; 2 – конвеєр магістральний; 3 – вузол пересипання стружки з одного конвеєра на інший; 4 – прямик. Схема механізації збирання й транспортування металеві стружки для цехів другої групи (рис. 1.48, б): тут система двогвинтових лінійних і пластинчастих магістральних конвеєрів забезпечує транспортування стружки від робочих місць до стружкодробарки. Сталева стружка через ґратчасті люки 1,



що відкриваються, зсипається на двогвинтові конвеєри 2 і транспортується на магістральний пластинчастий конвеєр 3, з якого за допомогою поворотної тачки пересипається в стружкодробарку.

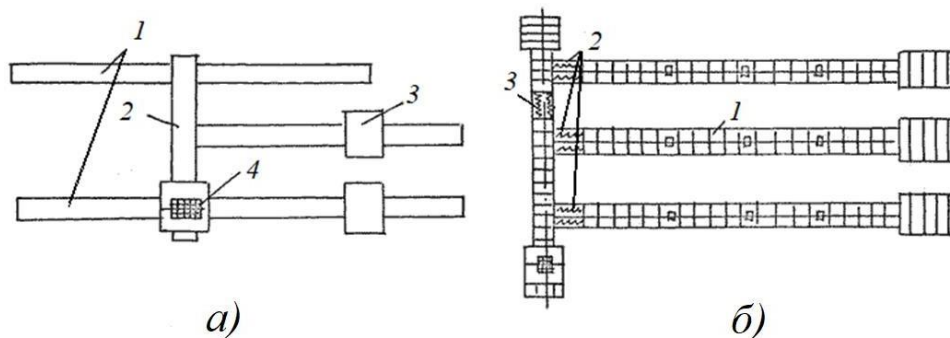


Рисунок 1.48 – Типова схема збирання й транспортування стружки та схема механізації в цехах другої групи [22]

Типова схема збирання й транспортування стружки в цехах третьої групи (рис. 1.49, а): 1 – лінійні конвеєри; 2 – конвеєри магістральні; 3 – бункерна естакада; 4 – вузол пересипання стружки. Схема збирання й транспортування стружки в цехах третьої групи (рис. 1.49, б): 1 – лінійні гвинтові конвеєри; 2 – люки для зсипання стружки на конвеєри; 3, 4 – магістральні гвинтові конвеєри; 5, 6 – вузли пересипання стружки, які розміщені на одній осі, з одного двогвинтового на інший двогвинтовий конвеєр; 7 – вузли пересипання стружки двогвинтових конвеєрів, розташованих перпендикулярно; 8 – магістральний пластинчастий конвеєр; 9 – пластинчато-голчастий конвеєр; 10 – конвеєр пластинчастий пересувний; 11 – бункер-накопичувач; 12 – бак для збирання МОР; 13 – тара.

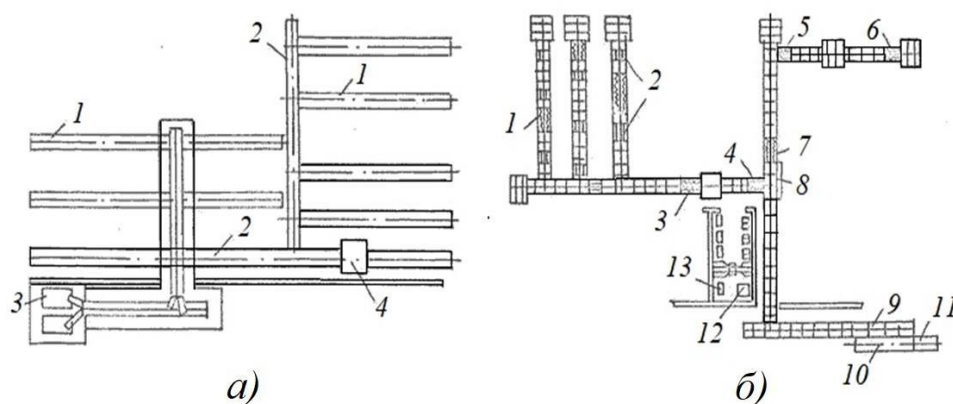
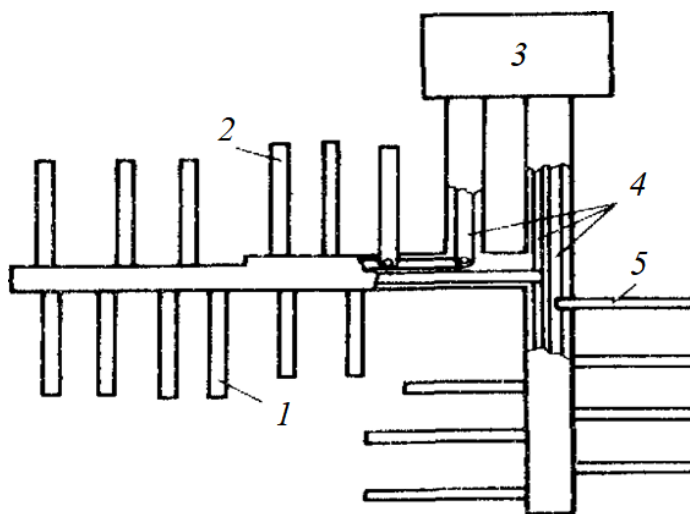


Рисунок 1.49 – Типова схема збирання й транспортування стружки та схема механізації в цехах третьої групи [22]

Типова схема збирання й транспортування стружки в цехах четвертої групи (рис. 1.50): 1, 2, 5 – лінійні конвеєри, відповідно, для алюмінієвої, сталеві і чавунної стружки; 4 – магістральні конвеєри; 3 – дільниця перероблення стружки.



*Рисунок 1.50 – Типова схема збирання й транспортування стружки в цехах четвертої групи [7]*

Транспортна система збирання стружки в автоматизованому виробництві забезпечує роздільне й незалежне від інших верстатів збирання стружки на робочих місцях і транспортування її до місця централізованого збирання. Транспортна система включає в себе: ємності, що висувуються з верстата або знаходяться поруч із ним, або транспортери для збирання стружки, які вбудовані у верстат; візки або лінійні конвеєри для транспортування стружки від верстата до магістрального конвеєра й назад; магістральний конвеєр або центральну трасу, розміщену під антресолю, із рухомою кареткою-оператором для автоматичного захоплення й транспортування в місце збирання стружки верстатних ємностей; кантувач для перекидання ємності для стружки; контейнери для роздільного збирання сталеві, чавунної і стружки кольорових металів.

Лінійні конвеєри розміщують у каналах глибиною 600–700 мм, а магістральні – у прохідних тунелях глибиною до 3000 мм [7]. У таблиці 1.9 наведена класифікація стружки та транспортних засобів, які використовуються для її транспортування.

При розміщенні верстатів на дільницях необхідно групувати лінії за видами оброблюваних матеріалів, установивши лінійні конвеєри з тильного боку ліній. Один конвеєр обслуговує дві технологічні лінії. Доцільно наближати дільниці з обладнанням, на якому утворюється кручена стружка

до відділення перероблення стружки, через складність транспортування крученої стружки. У табл. 1.10 наведені рекомендації щодо прибирання стружки за допомогою конвеєру. Типові схеми конвеєрів для транспортування стружки наведені на рис. 1.51. Приклади технічних засобів для збирання та транспортування стружки наведені на рис. 1.52. Контейнери для збирання й транспортування стружки й матеріалів можуть бути двох типів: із подвійним дном і з простим дном.

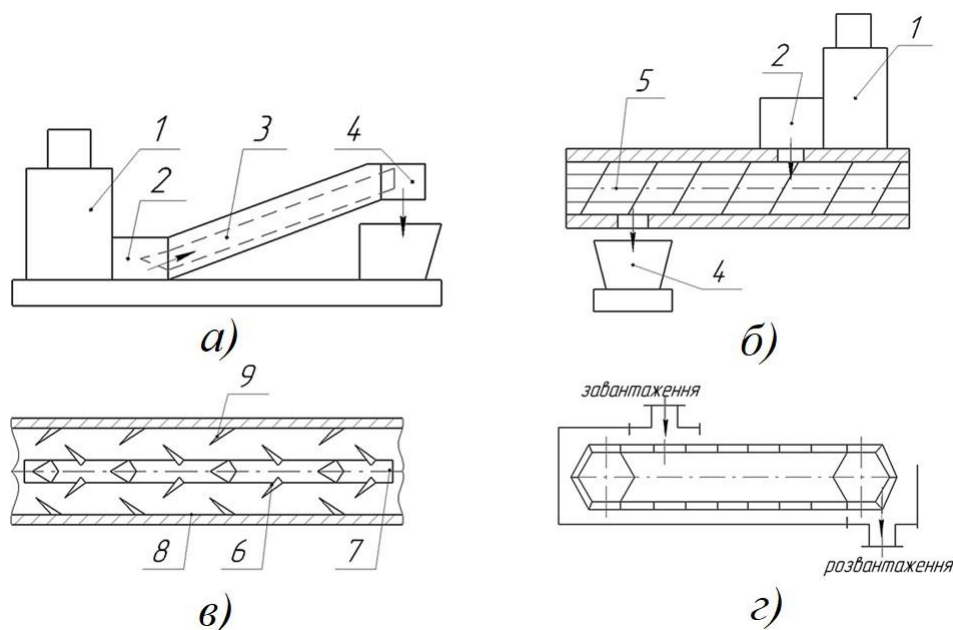
Таблиця 1.9 – Класифікація стружки і транспортних засобів

Група	Вид стружки	Щільність, т/м <sup>3</sup>	Види верстатів	Технологія перероблення стружки	Транспортні засоби
1	Елементоподібна чавунна	1,6–2,0	Усі види	Брикетування в холодному і гарячому стані	Скребково-штангові, скребкові ланцюгові, одnogвинтові конвеєри
2	Елементоподібна стальна	1,0–1,5	Фрезерні, протяжні, зуборізні	Сепарування, брикетування	Двогвинтові, пластинчасті, ершово-штангові, магнітні конвеєри
3	Автоматний джгутик	0,5–0,6	Токарні автомати, напівавтомати, револьверні		
4	Кручена, перетином 20–30 мм <sup>2</sup>	0,3–0,5	Свердлильні, револьверні, токарні, карусельні, розточні	Дроблення, брикетування в холодному стані	Пластинчасті, пластинчато-гольчасті, ершово-штангові, магнітні конвеєри
5	Кручена, перетином 40–60 мм <sup>2</sup>	0,2	Великі токарні, карусельні		

Контейнер із подвійним дном та із ситом і випускним клапаном дозволяє відокремити стружку від залишкової мастильно-охолоджуючої рідини (МОР), яка виноситься зі стружкою з обробних і металорізальних верстатів. Контейнер з простим дном призначений для маніпуляції із сухою стружкою.

Таблиця 1.10 – Конструктивні різновиди конвеєрів для стружки

Матеріал стружки	Лінійні конвеєри		Магістральні конвеєри	
	Вид	Ширина, мм	Вид	Ширина, мм
Сталь	Пластинчасті, гвинтові, з біжучим магнітним полем	400–500	Пластинчасті	800
Чавун	Скребкові	180–500	Скребкові, стрічкові	800
Алюміній	Лоткові з гідрозмивом	250–450	Пластинчасті	600



*а* – скребковий конвеєр;      *б* – шнековий конвеєр;

*в* – ершово-штанговий конвеєр; *г* – стрічковий конвеєр;

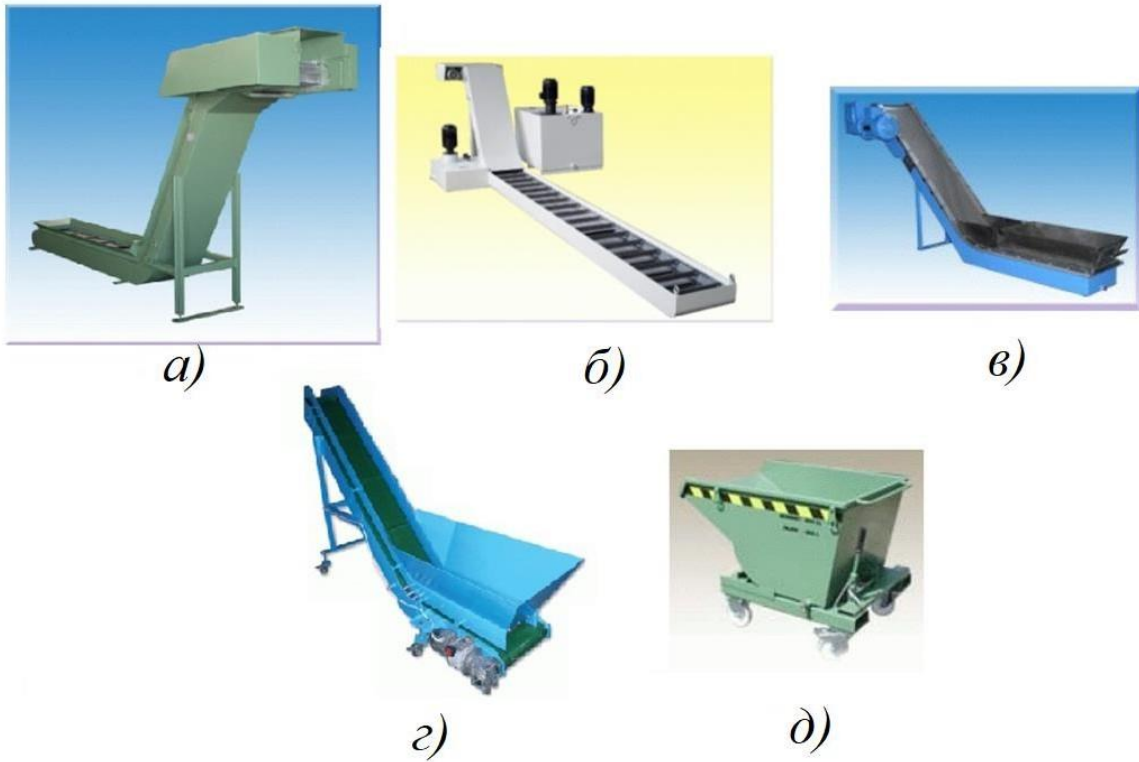
*1* – верстат; *2* – піддон; *3* – скребковий конвеєр; *4* – тара для складування стружки; *5* – шнековий конвеєр; *6* – похилі шипи;

*7* – штанга або труба; *8* – жолоб; *9* – приварені шипи

Рисунок 1.51 – Типові схеми конвеєрів для транспортування стружки

При переробці кручена стружка піддається дробленню. Потім стружку всіх видів із залишками мастил і МОР піддають знежиренню. Для цього на центрифугах відокремлюють МОР, а потім промивають стружку гарячою водою або лужними розчинами в спеціальних мийних машинах або піддають випалу, де органічні домішки випаровуються й вигоряють.

Алюмінієву стружку додатково піддають магнітній сепарації для видалення з неї стружки чорних металів.



*а – пластинчастий конвеєр; б – скребковий конвеєр;  
в – стрічковий конвеєр; г – магнітний конвеєр;*

*д – контейнер для збирання й транспортування стружки й матеріалів*

*Рисунок 1.52 – Приклади технічних засобів для збирання  
й транспортування стружки*

Кращим способом перероблення стружки для вторинного переплаву є брикетування. Для цього використовують спеціальні горизонтальні брикет-преси, на яких стружку пресують у брикети циліндричної форми діаметром 140–180 мм, висотою 40–100 мм і масою 5–8 кг. Переробка з брикетуванням у відділенні цеху або корпусу економічно доцільна при інтенсивності утворення сталевих стружки 2,7 т/рік, чавунної – 1,5 т/рік і алюмінієвої – 0,5 т/рік [7]. Якщо інтенсивність утворення стружки в цеху менше зазначених значень, то створюють централізоване відділення з перероблення стружки для кількох цехів підприємства.

Існують більш технологічні методи перероблення стружки в металевий порошок, які призначені для отримання деталей методами порошкової металургії. Реалізація цих методів робить механічну обробку різанням безвідходною. Складність отримання металевого порошку обумовлена необхідністю окрихчення матеріалу стружки для подальшого подрібнення. Існують установки, на яких після попереднього дроблення й знежирення проводиться охолодження стружки рідким азотом або твердою

вуглекислотою і подальше її подрібнення. У тих випадках, коли при термообробці неможливо отримати 100 % мартенситної структури, стружку попередньо піддають цементації [7].

Цехові відділення збирання й перероблення стружки розміщують поблизу від виїзду із цеху біля зовнішньої стіни будівлі або в підвальних приміщеннях із пандусами для виїзду.

Укрупненим методом площу відділення для збирання й перероблення стружки визначають:

$$S_{з.ст.} = (0,03...0,04) \cdot S_0, \quad (1.107)$$

де  $S_0$  – виробнича площа цеху.

Або площу відділення для збирання й перероблення стружки визначають через норми питомої площі на один верстат. Для кількості верстатів 100–300 – питома площа відділення 1–0,5 м<sup>2</sup>; для 300–700 верстатів – 0,5–0,3 м<sup>2</sup>.

#### 1.8.4 Проектування підсистем приготування й роздачі охолоджувальних рідин

У механічних цехах застосовують три способи постачання МОР до технологічного обладнання, які представлені на схемі (рис. 1.53).

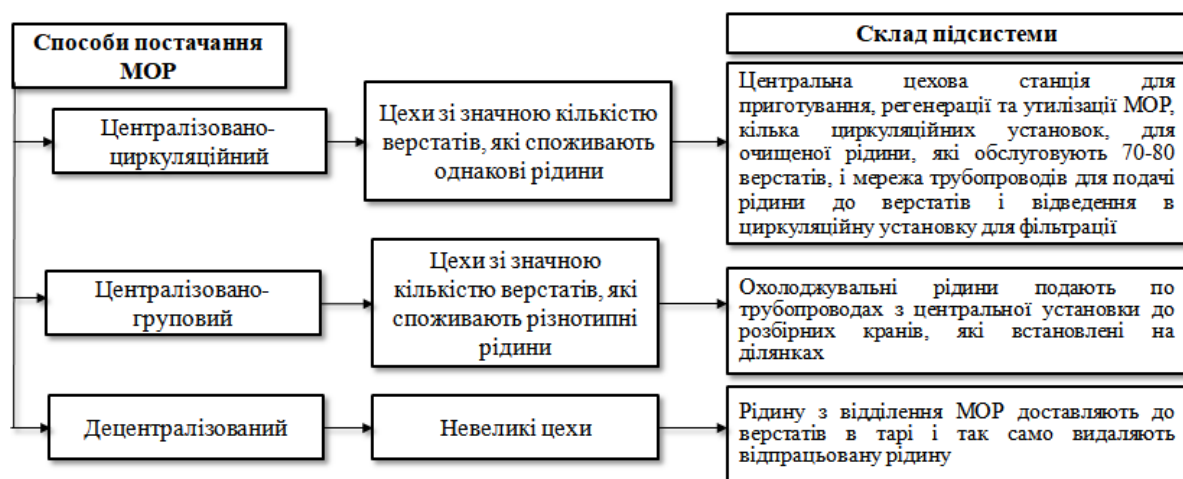
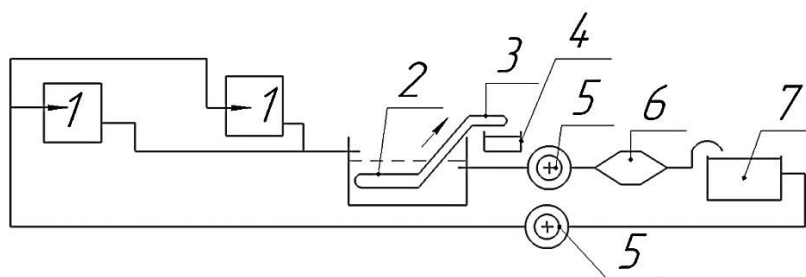


Рисунок 1.53 – Класифікація способів постачання МОР до технологічного обладнання

Схема централізовано-циркуляційної системи постачання охолоджувальної рідини до верстатів представлена на рис. 1.54.



1 – верстат; 2 – бак-відстійник; 3 – пластинчастий конвеєр;  
4 – приймач для шламу; 5 – насос; 6 – фільтр (розмір часток після фільтра не більше 10...30 мкм); 7 – бак для очищеної рідини

Рисунок 1.54 – Схема централізовано-циркуляційної системи постачання охолоджувальної рідини до верстатів [7]

При розробці проекту складається завдання на проектування підсистеми приготування й роздачі МОР, у якому вказують вид рідини та величину витрат рідини для кожного з верстатів. Слід передбачити місце для групових циркуляційних установок. Для ряду верстатів планують окремі автономні фільтруючі установки, які займають площу більшу, ніж самі верстати.

У складі системи подачі МОР у багатоцільових верстатах передбачають спеціальне фільтрувальне обладнання для очищення охолоджуючої рідини від абразивного матеріалу, що пов'язано з тим, що на цих верстатах здійснюють не тільки лезове оброблення, але й шліфування. Схеми циркуляції МОР та методи її очищення представлені на рис. 1.55.



Рисунок 1.55 – Схема циркуляції МОР та методи її очищення



Ємності для збирання й фільтрації охолоджувальних рідин часто розміщують у підвалах і тунелях. Рекомендації щодо визначення площі та кількості робітників відділення очищення й регенерації МОР наведені в таблиці 1.11.

*Таблиця 1.11 – Рекомендації щодо визначення площі та кількості робітників відділення очищення й регенерації МОР*

Призначення приміщення	Площа, м <sup>2</sup>	Кількість працівників
Зберігання та приготування МОР і мастил (відділення розміщують біля стін будівлі з виходом усередину й назовні для доставки тари з маслом та іншими рідинами) Великі цехи (50–400 верстатів) Невеликі цехи (до 50 верстатів)	100–200 30–40	2–4 людини
Склад мастил	10–20	1 мастильник на 120–150 одиниць обладнання
Комора допоміжних матеріалів (обтиральні та господарські матеріали)	0,1–0,12 м <sup>2</sup> на одиницю виробничого обладнання або 1 робітника-складальника	1 комірник

### ***1.8.5 Підсистема електропостачання, постачання стисненого повітря, забезпечення мікроклімату й необхідної чистоти повітряного середовища***

*Підсистема електропостачання.* Різновиди споживання електроенергії в механоскладальних цехах та склад секції електропостачання наведені на рис. 1.56. Промислові підприємства забезпечуються електроенергією від передач напругою 110 кВ. Для зниження напруги використовують наступний каскад [7]: відкрита знижувальна станція 110/35 кВ, потім відкриті центральні розподільні підстанції 35/(10–6) кВ і цехові закриті трансформаторні підстанції (6–10)/0,4 кВ. Зазвичай передбачають по одній підстанції на кожні 5000 м<sup>2</sup> виробничої площі, які розміщують на відстані 75–100 м одна від одної. Підстанції наближають до основних споживачів електроенергії. Площа трансформаторних підстанцій становить 50 м<sup>2</sup>. Для монтажу і ремонту трансформаторів передбачають монорейки або мостові крани вантажопідйомністю по 10 т.



Для проектування електропостачання створюється завдання, що включає планування обладнання цеху із зазначенням місць підведення електроенергії, а також відомість споживачів по дільницях. Ці дані визначають потребу в електроенергії для роботи обладнання та освітлення.

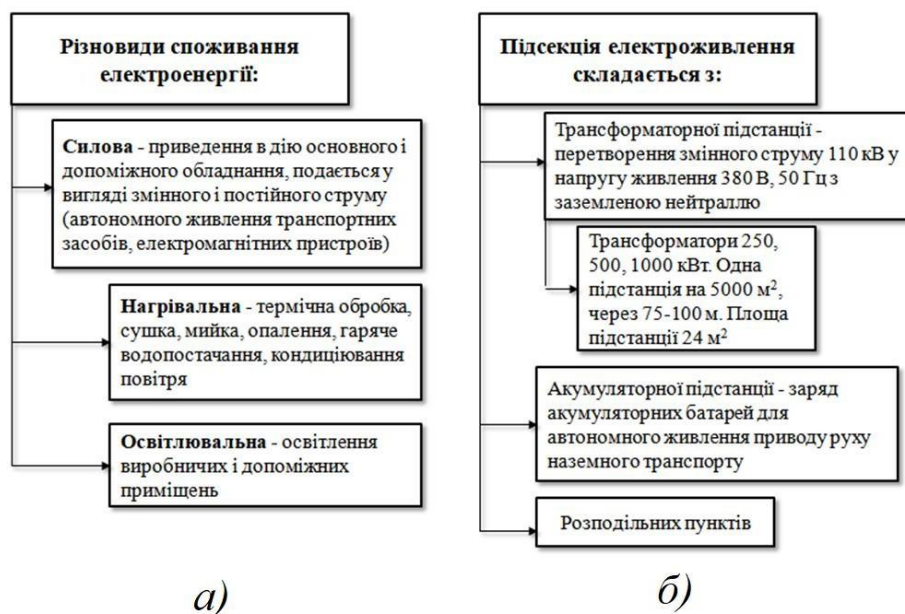


Рисунок 1.56 – Різновиди споживання електроенергії в механоскладальних цехах (а) та склад секції електропостачання (б)

**Підсистема постачання стисненого повітря.** У механоскладальному виробництві використовують стиснене повітря для приводів пневматичних затискних пристроїв, механізованого складального інструменту, у системах пневмоавтоматики, для обладнання дільниць фарбування. Тиск стисненого повітря в мережі становить 0,5–0,6 МПа (чистота повітря не нижче 12-го класу забруднення). Загальні витрати стисненого повітря визначають за нормами з урахуванням загальної кількості пневмопристроїв, коефіцієнтів одночасної роботи й використання. Застосування стисненого повітря в механоскладальному цеху представлено в таблиці 1.12.

При укрупнених розрахунках площу, необхідну для розміщення компресорних установок, приймають рівною:

$$S_{к.у.} = (0,06...0,08) \cdot S_o, \quad (1.108)$$

де  $S_o$  – виробнича площа цеху.

Компресорні станції проектують із декількох однотипних компресорів, і їхню продуктивність розраховують таким чином, щоб зупинка одного компресора не викликала зупинки виробництва. Розміщують компресорні станції в ізольованих приміщеннях через надвеликий рівень шуму.

Таблиця 1.12 – Застосування стисненого повітря в механоскладальному цеху [20]

Застосування стисненого повітря	Середня (питома) норма витрати
1. Кількість верстатів, що підлягають обдуванню, 10–15 % від загальної кількості верстатів у цеху	1,5–2 м <sup>3</sup> /год на кожний верстат
2. Обдування деталей після миття	1–1,2 м <sup>3</sup> /год на одне встановлене сопло
3. Обладнання, які мають пристосування з пневмозатискачем (15–30 % від загальної кількості верстатів у цеху)	до 4 м <sup>3</sup> /год
4. Витрата на кожен пневмоінструмент у залежності від типу, розміру й коефіцієнта використання	2,5–4,5 м <sup>3</sup> /год
5. Пневматичний підйомник вантажопідйомністю 170–1700 кг	0,07–0,4 м <sup>3</sup> /год на один підйом
6. Розпилення фарби з розпилювача в залежності від типу й діаметра сопла	2 м <sup>3</sup> /год

*Підсистема постачання гідроенергії.* Використовується для закріплення напівфабрикатів у технологічному оснащенні та їхнього переміщення. Тиск у гідростанції 6–8 МПа. Подається спеціальними трубопроводами до розподільних пристроїв.

*Підсистема постачання газу.* Використовується для газового зварювання й різання та в сушильних камерах. Норма витрати на один пост – 0,2–0,6 м<sup>3</sup>/г.

*Підсистема постачання пари.* Використовується для підігріву охолоджуючої рідини й води в мийних машинах, сушильних камерах та для опалення. Норма витрати складається по кожному споживачу, цеху й дільниці. Використовується пара низького тиску – 15–40 Н/см<sup>2</sup>.

Для забезпечення мікроклімату та чистоти повітряного середовища цехи обладнують припливно-витяжною вентиляцією. Джерела інтенсивних виділень абразивного пилю при шліфуванні, парів при митті, шкідливих аерозолів при фарбуванні та інших обладнують пристроями для місцевих відсмоктувачів (рис. 1.57). Забруднене повітря перед викидом в атмосферу очищають за допомогою фільтрів або спеціальних пристроїв. Місця

викиду повітря з витяжних систем необхідно розміщувати з підвітряного боку будівлі, якнайдалі від місць забору повітря для припливної вентиляції.

Для проєктування вентиляційних систем для фахівців із санітарно-технічної частини проєкту розробляють завдання на проєктування, яке включає планування цеху з поперечними розрізами й характеристикою джерел шкідливих виділень у виробничому процесі.

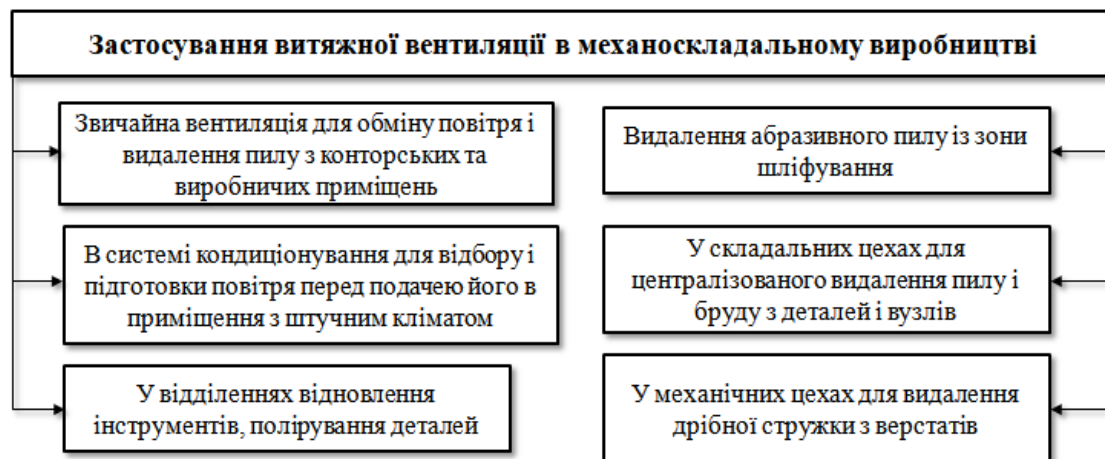


Рисунок 1.57 – Застосування витяжної вентиляції в механоскладальному виробництві

Загальна площа під вентиляційні камери [7]

$$S_{в.к.} = (0,05...0,075) \cdot S_o, \quad (1.109)$$

У термokonстантних цехах передбачають систему кондиціонування і знепилювання повітря для забезпечення параметрів мікроклімату в заданих межах. Приміщення для кондиціонерів передбачають поряд з термостатами приміщеннями.

### Контрольні питання

1. Яке основне призначення системи ремонтного й технічного обслуговування в механоскладальному цеху?
2. Назвіть способи організації роботи системи.
3. У чому сутність системи ППР?
4. Як визначити виробничу програму ремонтного відділення?
5. Що таке одиниця ремонтної складності?
6. Назвіть способи організації системи постачання та очистки МОР.

## 1.9 Система контролю якості виробів, її призначення та проектування

1. Призначення системи контролю й види контролю якості виробів
2. Організація і структура системи контролю якості
3. Проектування випробувальних відділень

### 1.9.1 Призначення системи контролю й види контролю якості виробів

Система контролю якості виробів призначена для своєчасного визначення з необхідною точністю параметрів якості виробів механоскладального виробництва (рис. 1.58, а).

У механоскладальному виробництві функції системи контролю виконують спеціальні служби відділу технічного контролю (ВТК) підприємства (рис. 1.58, б).

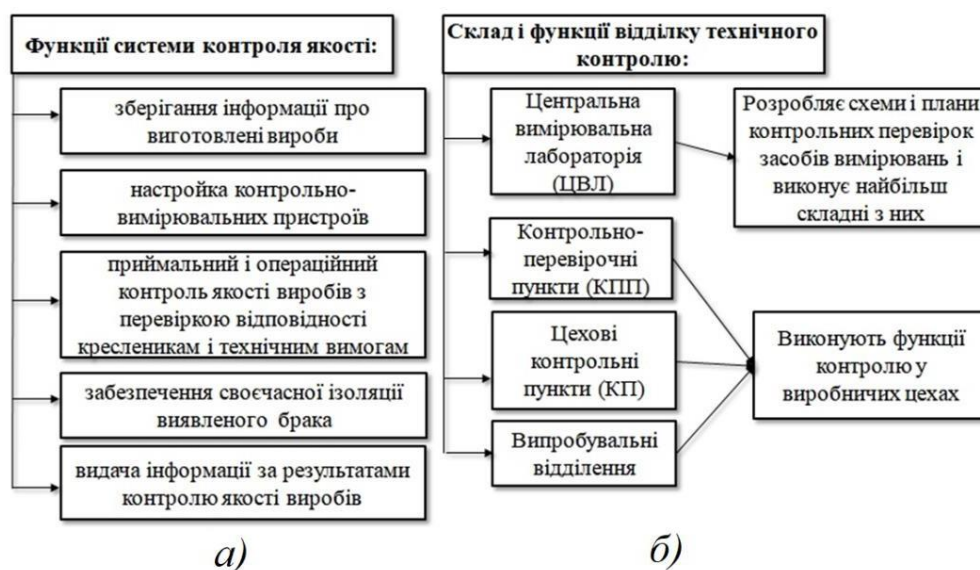


Рисунок 1.58 – Функції системи контролю якості та склад відділу технічного контролю машинобудівного підприємства

У залежності від виробничих факторів в механоскладальних цехах організовують різні види контролю якості виробів (рис. 1.59).

При проектуванні системи контролю якості виробів слід забезпечити зниження трудомісткості контрольних операцій шляхом використання

сучасних способів і засобів автоматичного контролю. Найбільш перспективними засобами, що знижують трудомісткість контролю, є пристрої активного контролю (рис. 1.60).

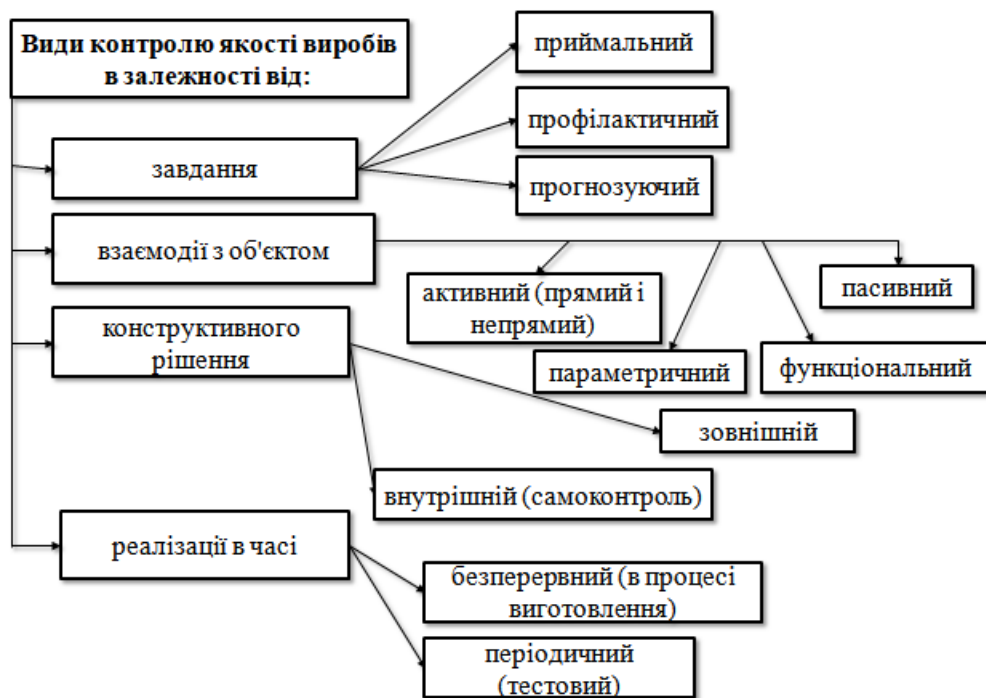


Рисунок 1.59 – Види контролю якості виробів



Рисунок 1.60 – Класифікація пристроїв активного контролю [7]

Застосування тих чи інших засобів контролю залежить від наступних основних факторів: точності виготовлення вимірюваних деталей, їхньої форми й розміру, кількості контрольованих параметрів, умов вимірювання, необхідної продуктивності й економічності.

Оскільки в кожного методу вимірювання є власні похибки, при виборі вимірювальних засобів ураховують співвідношення між допуском на розміри деталі й похибкою методу вимірювання. Вимірювальні прилади, у тому числі вимірювальні контрольні пристрої, поділяють на пристрої, засновані на прямому, непрямому або комбінованому методі вимірювання.

При прямому методі вимірювання (за допомогою контактних пристроїв) наконечник контрольного пристрою весь час знаходиться в контакті з поверхнею заготовки та безпосередньо контролює її розмір. При досягненні заданого розміру контрольний пристрій автоматично подає сигнал про закінчення обробки або необхідності зміни її режиму.

Контрольні пристрої, дія яких заснована на непрямому методі вимірювання, не мають безпосереднього зіткнення з поверхнею заготовки, оскільки закінчення обробки не визначається тут моментом досягнення заданого розміру поверхні, а залежить від відстані, на яку переміщається робочий орган верстата.

При комбінованому методі вимірювання контролюють одночасно положення різального інструменту й розмір оброблюваної поверхні.

У непотоковому автоматизованому виробництві використовують системи автоматичного вимірювання й компенсації, що включають спеціальні вимірювальні пристрої, установлені в інструментальній оправці, яка може встановлюватися в інструментальному магазині на верстаті (рис. 1.61, *a*). Контроль виконується тоді, коли необхідно перевірити точність виконання переходу або операції.

Автоматичні системи контролюють похибку базування супутників у пристроях шляхом встановлення наявності контакту в шести опорних точках, до яких підводиться стиснене повітря. При використанні системи автоматичного контролю та керування процесом досягнення необхідної точності на технологічному обладнанні, із розташуванням у шпинделі верстата вимірювального пристрою, верстат перетворюється у вимірювальну машину, точність вимірювання якої визначається точністю координатного переміщення його елементів, точністю роботи вимірювальної системи й умовами вимірювання.

Контактні методи контролю можливо застосувати при умові, що сили при вимірюванні не викликають зсувів і деформування об'єктів, що контролюються. В іншому випадку використовуються безконтактні методи



контролю, наприклад за допомогою лазерних пристроїв (рис. 1.61, б). Для підвищення точності й продуктивності контрольних операцій застосовують шумові головки з декількома змінними наконечниками.

У сучасному виробництві використовуються автоматичні системи розмірної настройки технологічної системи, що дозволяють здійснювати контроль положення різальної крайки інструменту щодо баз, на які встановлюється напівфабрикат, перед обробкою. Подібні системи дозволяють скоротити вплив розмірного зношування інструменту й температурних деформацій верстата на точність одержуваних розмірів.

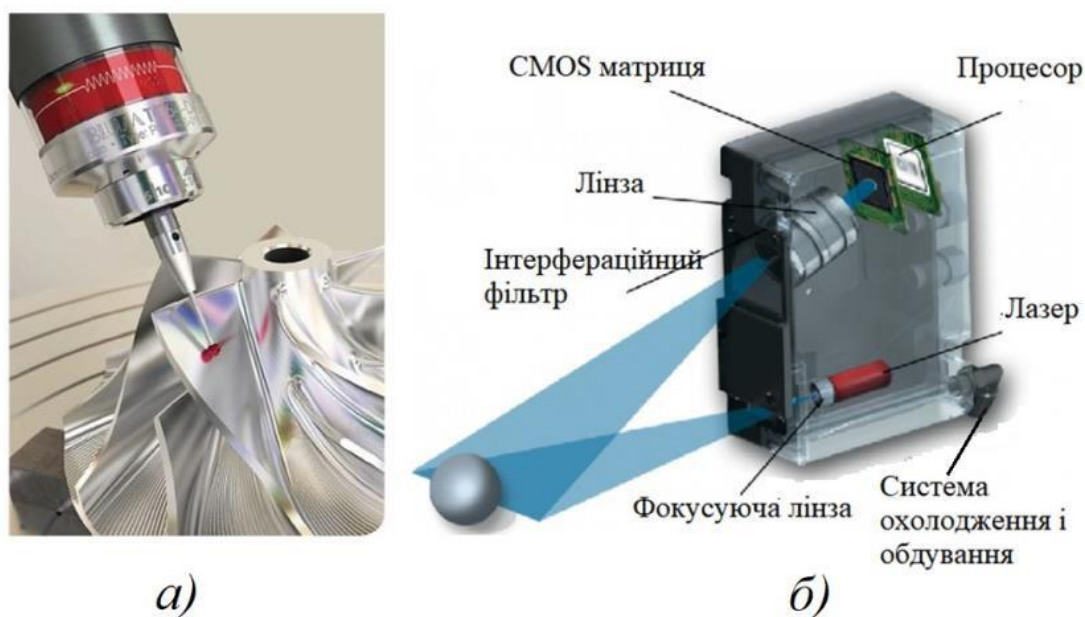


Рисунок 1.61 – Вимірювальні пристрої та системи на обробних центрах [34]

Трудомісткість контрольних операцій знижують за рахунок використання систем адаптивного керування, які підвищують якість продукції і стабілізують окремі параметри якості. Натепер використовують системи адаптивного керування пружними переміщеннями технологічної системи за рахунок зміни розміру статичної та динамічної настройки, швидкості зношування різального інструменту, розмірного налаштування й підналаштування технологічного обладнання, а також багатовимірні адаптивні системи, що дозволяють управляти одночасно декількома факторами, що впливають на точність і продуктивність обробки.

Випробувальні станції та відділення призначені для контролю параметрів якості виробів в динаміці. Випробування розподіляють на виробничі та експериментальні. Виробничі випробування зазвичай входять

у технологічний процес виготовлення виробів. Їх виконують за два етапи: обкатка вхолосту й випробування під навантаженням. Це пов'язані етапи, тому обкатка вхолосту й випробування під навантаженням часто здійснюються на одному стенді послідовно. Експериментальні випробування виробів не пов'язані з виконанням безпосередньо програми цеху.

### ***1.9.2 Організація і структура системи контролю якості***

Контроль якості виробів виконують: на робочому місці, у спеціальних контрольних пунктах або відділеннях, у випробувальних відділеннях.

Контроль на робочому місці здійснюють на технологічному обладнанні (внутрішній) або поряд з обладнанням (зовнішній). Під час процесу формоутворення контроль якості виробів виконують за допомогою засобів активного контролю, що скорочує цикл виготовлення виробу, а контроль виробу після формоутворення (пасивний) призводить до збільшення тривалості циклу й знижує точність контролю порівняно з точністю зовнішнього контролю. Пасивний контроль дозволяє запобігти появі браку й збільшити продуктивність виробничого процесу завдяки оперативності роботи.

Контроль якості виробів на контрольних пунктах або у відділеннях проводиться в наступних випадках:

- необхідно застосовувати досить різноманітні або великогабаритні засоби контролю, які важко або неможливо транспортувати до робочих місць;
- застосування на робочих місцях потрібних засобів контролю не забезпечує необхідної точності вимірювання, наприклад унаслідок нагрівання деталі при прийманні продукції високої точності;
- перевіряють велику кількість одноманітної продукції, зручної для транспортування;
- перевіряють продукцію після останньої операції перед передачею її в інший цех або на склад.

Технічне завдання системи контролю передбачає розробку алгоритмів перероблення вимірювальної інформації. У цій частині необхідно вказати всі вихідні характеристики системи контролю. У технічному завданні на розробку алгоритмів повинні бути зафіксовані додаткові відомості про необхідну обробку вимірювальних сигналів, наприклад можливий метод визначення деякої вихідної величини або датчик, який рекомендується для використання [7].



Формулювання зазначених вимог до системи контролю якості виробів проводиться розробниками системи спільно з технологами та управлінським персоналом автоматизованого об'єкта.

Розробка алгоритмічної структури при заданій сукупності вихідних величин системи контролю якості зводиться до складання алгоритмічних ланцюгів для кожної окремої вихідної величини. Складений алгоритмічний ланцюг системи визначає найменування параметрів і характеристик окремих вимірюваних процесів. Уточнюють необхідну послідовність застосування типових операцій перероблення вимірювальної інформації, визначають орієнтовні варіанти алгоритмів, відповідно до яких доцільно виконувати окремі типові операції, оцінюють раціональні періоди опитування вимірюваних величин і уточнюють комплект датчиків, які повинні входити в розроблювану автоматичну систему контролю якості виробів [7].

Основними питаннями при виборі апаратної структури системи є [7]:

- визначення кількості пунктів контролю, їхнє розміщення в просторі;
- їхній зв'язок із технологічним обладнанням і один з одним;
- вибір технічних засобів контролю;
- забезпечення необхідної надійності роботи обчислювальних засобів шляхом резервування окремих блоків, пристроїв системи.

При складанні алгоритмічної структури системи контролю якості виробів необхідно орієнтуватися на основні етапи технологічного процесу контролю якості (рис. 1.62).

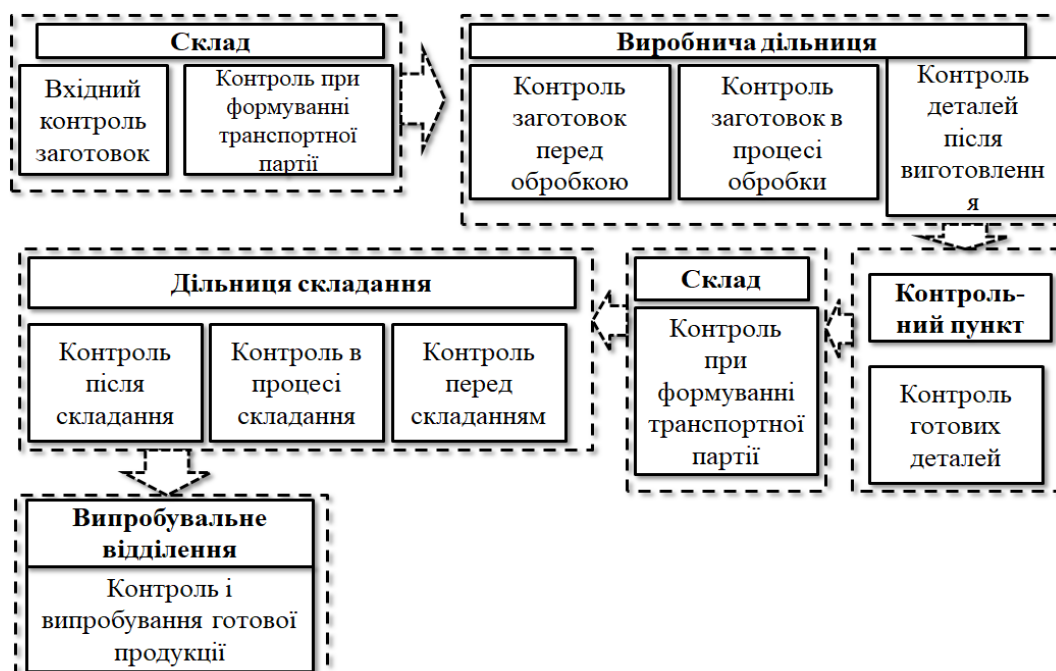


Рисунок 1.62 – Етапи технологічного процесу контролю якості

При вхідному контролі заготовок перевіряють їхню відповідність сертифікату за фізико-хімічними параметрами (марка матеріалу, твердість, хімічний склад), за зовнішнім виглядом (наявність вибоїн, відколів та інших дефектів), геометричні розміри (довжину, базові поверхні для захоплення роботом і кріплення в затискних пристроях верстатів), масу.

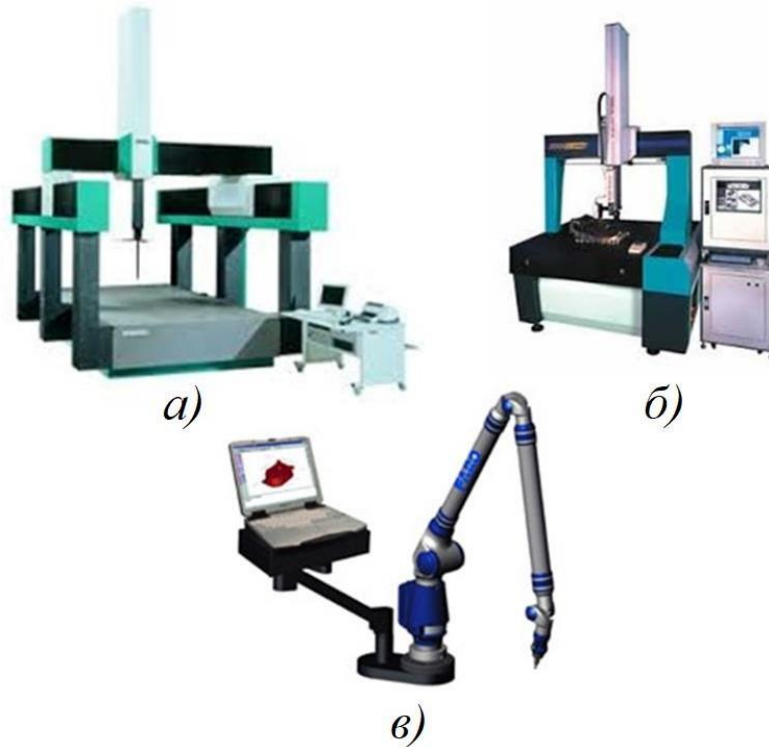
Контроль на верстаті починають із контролю установки заготовки в затискному пристрої верстата. З урахуванням характеристик верстата, системи ЧПК і режиму обробки (стабільність характеристик жорсткості в часі, вплив теплових деформацій на результати вимірювання параметрів якості, розмірна стійкість інструментів і т. д.) у якості основного вимірюваного параметра розмірної точності можна вибрати один або кілька розмірів деталі з найменшими допусками, без виконання контролю інших параметрів.

Під час обробки поєднують фінішний контроль із контролем на технологічному обладнанні з метою запобігання браку, який може бути обумовлений якістю матеріалу, інструменту, затискних пристосувань, впливом стружки та іншими факторами. При цьому зростає кількість вимірюваних параметрів, а отже, і час контролю, що призводить до зростання часу простою обладнання. Для зняття температурних деформацій потрібно витримувати напівфабрикат протягом певного часу в термошафах.

Цехова система контролю якості виробів включає у свій склад контрольні пункти або відділення, КПП і випробувальні станції або відділення. У механічних і складальних цехах розміщують контрольні відділення, які виконують функції системи контролю якості виробів. Проектування контрольних відділень передбачає складання структурних моделей, які відображають склад, тип і взаємозв'язок підрозділів системи й на їхній основі визначають обсяг контрольних операцій у цеху [7].

У непотоковому виробництві використовують спеціалізовані й універсальні координатно-вимірювальні машини (КВМ), що забезпечують виносний контроль (рис. 1.63). До вимірювальних машин висувають такі вимоги: простота обслуговування, вільний доступ, висока точність вимірювання й відтворення, невеликий час вимірювання, автоматизований метод вимірювання, керування процесом вимірювання за допомогою обчислювального пристрою.

В автоматизованому виробництві результати вимірювання переносяться в зовнішній обчислювальний пристрій для зберігання або подальшої обробки. Конструктивна єдність головки (щупа), керуючої системи вимірювальної машини, обчислювального пристрою і математичного забезпечення дає можливість проводити високоточні вимірювання.



*а – мостовий тип; б – порталний тип; в – мобільна КВМ типу «рука»  
Рисунок 1.63 – Приклади моделей координатно-вимірювальних машин*

Застосування таких машин у контрольних відділеннях і в КПП механоскладального виробництва підвищує ефективність роботи цехів, хоча для роботи з ними потрібна висока професійна підготовка обслуговуючого персоналу та підтримка спеціальних умов (температури, вологості та інших) у контрольних приміщеннях.

Працівники технічного контролю в складі робітників цеху не враховуються. Розрахункова кількість контролерів при неавтоматизованому контролі визначається за наступною формулою [7]:

$$P_k = \frac{P_v - P_{v.k.}}{P_n \cdot K_m \cdot K_{скл} \cdot K_k}, \quad (1.110)$$

де  $P_v$  – кількість виробничих робітників;

$P_{v.k.}$  – кількість виробничих робітників, які виконують самоконтроль;

$P_n$  – норма обслуговування одним контролером виробничих робітників;

$K_m$  – коефіцієнт точності деталей (найбільш поширений квалітет точності);

$K_{скл}$  – коефіцієнт складності контролю (дорівнює 0,9...1,1);

$K_k$  – коефіцієнт виду контролю ( $K_k = 1$  – при прийманні,  $K_k = 0,6$  – при дворівневому контролі (робоче місце та контрольний пункт)).

За укрупненими розрахунками кількість контролерів можна визначити:  
– у непотоковому виробництві – 7...10% від кількості основних верстатів;  
– у потоковому виробництві – 5...7% від кількості основних верстатів.

Застосування автоматизованих засобів контролю зменшує потребу в працівниках контрольних відділень, тому прийнята кількість контролерів потребує корегування.

Площу, яку займають контрольні пункти й контрольні відділення, можна визначити, виходячи з розрахунку розмірів стандартного контроль-ного пункту  $2 \times 3 = 6 \text{ м}^2$ . Кількість контрольних пунктів визначають, виходячи з трудомісткості контролю і програми випуску виробів. У виробництві проводять контроль першої деталі, а потім вибірково. При цьому контроль проводять після обробки на кожній технологічній операції. Це необхідно для запобігання браку, пов'язаного з розмірним зношуванням інструментів і тепловими деформаціями верстатів.

Необхідна кількість контрольних пунктів визначається за формулою [7]

$$n_k = \frac{T_k \cdot k_{д.м}}{\Phi_{КП} \cdot 60}, \quad (1.111)$$

де  $T_k$  – середня тривалість контролю однієї деталі, хв.;

$k_{д.м}$  – кількість деталей, що приходять на контрольний пункт за місяць, шт.;

$\Phi_{КП}$  – місячний фонд часу роботи контрольного пункту, год.

Площа КПП визначається з розрахунку 0,1...0,2  $\text{м}^2$  на один верстат механічного цеху, але в цілому не менше 25  $\text{м}^2$  на один пункт. При створенні в механічних цехах контрольних пунктів повірки та ремонту калібрів і комори обмінного фонду площу їхню визначають, виходячи з норми 0,18...0,3  $\text{м}^2$  на один верстат, а кількість працюючих у ньому має бути 8...12 % від кількості контролерів [7].

### **1.9.3 Проектування випробувальних відділень**

Вироби після складання можуть піддаватися випробуванням для встановлення узгодженості роботи окремих механізмів і окремих параметрів якості в динаміці. Для цього використовуються випробувальні станції або спеціальні випробувальні відділення. Усі випробування виробів, машин, складальних вузлів можна розподілити:

1) *приймально-здавальні* – це такі випробування, які проводять для визначення фактичних експлуатаційних характеристик вузла (виробу) після виготовлення;

2) *контрольні* – проводять тоді, коли машина не пройшла приймальних випробувань унаслідок виявлених дефектів;

3) *спеціальні* – проводять за наперед розробленою програмою дослідів із метою одержання необхідних даних.

Вироби, які необхідно випробувати, найчастіше встановлюють на спеціальні випробувальні стенди, які мають електроприводи (рис. 1.64).



*Рисунок 1.64 – Стенд для обкатки й випробування двигунів*

Зокрема, до стенду для випробування двигунів внутрішнього згоряння підводять комунікації для води, палива й видалення продуктів згоряння газів. Стенд обладнаний контрольно-вимірювальними приладами й генераторами постійного або змінного струму. Випробувальні стенди оснащені генераторами постійного струму.

Випробувальні відділення в цехах зазвичай розміщують в ізольованих приміщеннях, обладнаних мережею комунікацій. Склад і кількість обладнання у випробувальних відділеннях визначають, виходячи з технологічного процесу випробувань виробничої програми випуску.

При розрахунку кількості випробувальних стендів необхідно врахувати не тільки основні випробування двигунів, а й повторні для ряду (двигунів), які проводять в основному за скороченим режимом.

Кількість стендів  $N_{ст}$  для проведення основних випробувань на од-  
нобічних стендах визначають за наступною залежністю [31]:

$$N_{ст} = \frac{O_{вип} \cdot (t_в + t_{пр} + t_{в.з.})}{\Phi_{СТ} \cdot 60}, \quad (1.112)$$

де  $O_{вип}$  – річний обсяг випуску виробів, які підлягають випробуван-  
ням, шт.;

$t_в$  – час випробування, хв.;

$t_{пр}$  – час приймання виробів на стенді, хв.;

$t_{в.з.}$  – час на зняття та установку виробу на стенді, хв.;

$\Phi_{СТ}$  – ефективний річний фонд часу роботи стендів, год.

Для двобічних стендів

$$N_{ст} = \frac{O_{вип} \cdot t_в}{\Phi_{СТ} \cdot 60}. \quad (1.113)$$

Кількість робочих, яка необхідна для проведення випробувань, ви-  
значають залежно від часу та програми випробувань, а також засобів авто-  
матизації випробувань, що використовують.

Залежно від типу й конструкції машин випробування проводять  
у випробувальному відділенні при складальному цеху або в спеціально  
відведеному для цієї мети приміщенні – на випробувальній станції.

### Контрольні питання

1. Яке основне призначення системи контролю в механоскладальному цеху?
2. Склад відділення технічного контролю машинобудівного підприємства.
3. Які функції системи контролю в механоскладальному виробництві?
4. Види контролю в потоковому та непотоковому виробництві.
5. Призначення основних підрозділів системи контролю якості виробів.
6. Як визначити необхідну кількість контрольних пунктів?
7. Які бувають види випробування виробів?
8. Як визначити кількість випробувальних стендів?

## 1.10 Система охорони праці та техніка безпеки

1. Призначення та структура системи охорони праці
2. Основні принципи проектування приміщень та робочих місць із точки зору охорони праці та техніки безпеки

### 1.10.1 Призначення та структура системи охорони праці

Система охорони праці призначена для забезпечення безпечної роботи персоналу організації заходів щодо створення високого загального рівня виробничого середовища й культури виробництва [35]. Склад системи охорони праці в галузі машинобудівного виробництва представлено на схемі (рис. 1.65).



Рисунок 1.65 – Склад системи охорони праці в галузі машинобудування [18]

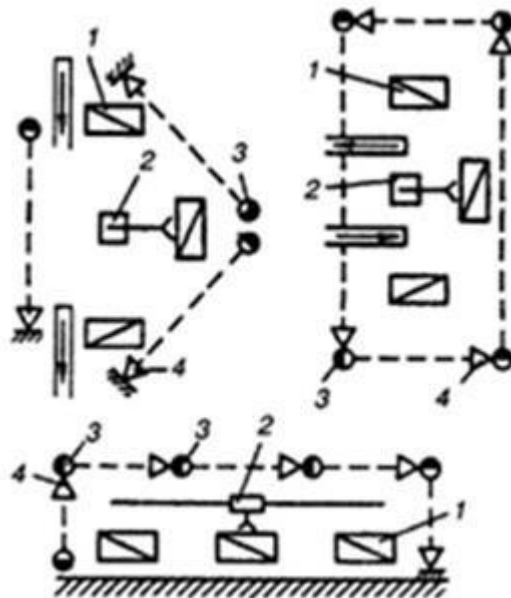
*Підсистема забезпечення безпечної роботи персоналу* призначена для створення безпечної експлуатації та обслуговування обладнання, профілактики та ліквідації пожеж, а також обмеження їхніх наслідків [35].

*Техніка безпеки* – це система організаційних заходів та технічних засобів, які попереджують вплив на працюючих небезпечних виробничих факторів [35].

*Виробнича санітарія* – це система заходів і засобів, які зменшують або запобігають впливу на працюючих шкідливих виробничих факторів [35].

Пожежну безпеку забезпечують заходами пожежної профілактики й активного пожежного захисту. Пожежна профілактика включає комплекс заходів, необхідних для запобігання виникненню пожеж або зменшення їхнього впливу. Активна пожежна безпека забезпечує успішну боротьбу з пожежами. При проєктуванні механоскладального виробництва для активного пожежного захисту передбачають систему пожежних водопроводів, стаціонарні пожежні установки, автоматичні й ручні з дистанційним пуском, вогнегасники та протипожежні щити з ящиками для піску.

Захист від стружки й МОР може бути індивідуальним (захисні костюми, окуляри, спеціальне взуття та т. п.) і може здійснюватися за допомогою огорожувальних засобів, які бувають стаціонарними, рухливими й переносними. Планування розміщення робочої зони, транспортного засобу й оператора з точки зору забезпечення безпеки персоналу наведено на рис. 1.66.



*1 – технологічне обладнання; 2 – промисловий робот;  
3 – випромінювач; 4 – приймач*

*Рисунок 1.66 – Типові схеми планування роботизованих комплексів і розміщення на них світолокаційних стійок [18]*



Світолокаційні датчики визначають місце розміщення людини в робочій зоні автоматизованої дільниці. При перетині світлового променя людиною під час її входження в зону робочого простору відбувається включення лампочок-світлофорів стійок, що обмежують цю зону. Якщо промисловий робот знаходиться в цій зоні або входить у неї, формується команда на аварійне гальмування й вимикання руху робота.

Повинні бути вжиті заходи, що забезпечують захист людей від шкідливого й небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля й статичної електрики.

Підсистема забезпечення санітарних умов праці призначена для дотримання санітарних норм повітряного середовища, освітленості, чистоти приміщень, захисту від вібрацій, шуму, а також проведення заходів із виробничої естетики.

Однією з необхідних умов здорової і високопродуктивної праці є забезпечення санітарних норм повітряного середовища в робочій зоні приміщень, тобто в просторі заввишки до 2 м над рівнем підлоги, шляхом усунення впливу таких шкідливих виробничих факторів, як пара, пил, надлишкові теплота й волога.

Раціонально спроектоване й виконане освітлення у виробничих цехах сприяє забезпеченню високої продуктивності праці і якості продукції, що випускається. Збереження зору, стан нервової системи працюючих та безпека на виробництві значною мірою залежать від умов освітлення.

Культура виробництва визначається перш за все раціональною організацією робіт із забезпечення чистоти приміщень. При проведенні цих робіт слід полегшувати працю робітників із прибирання шляхом механізації та автоматизації таких робіт (рис. 1.67).

Збільшення продуктивності, зростання потужності й швидкохідності виробничого обладнання при одночасному зниженні його матеріаломісткості супроводжується посиленням вібрацій. Вплив вібрацій не тільки погіршує самопочуття працівників і знижує продуктивність праці, але часто призводить до важкого професійного захворювання – віброхвороби. Тому при проектуванні механоскладального виробництва питанням боротьби з вібрацією повинна приділятися велика увага. Впровадження дистанційного керування цехами й дільницями дозволить повністю вирішити проблему захисту від вібрацій.

Шум на виробництві завдає шкоди через негативний вплив на організм людини і, як наслідок, зниження продуктивності праці. Втома робітників і операторів унаслідок сильного шуму збільшує кількість помилок при роботі, сприяє підвищенню травмування.



*Рисунок 1.67 – Приклад виробничої мийної машини*

При проектуванні цехів виконують розрахунок очікуваного рівня шуму на робочих місцях і передбачають необхідні протишумові заходи:

- зміни в конструкції шумоутворювального джерела;
- використання ізолювальних кожухів;
- використання глушників шуму при випуску стисненого повітря з пневмосистеми;
- розміщення найбільш потужних джерел шуму в звукоізованих приміщеннях;
- використання звукопоглинального облицювання стель і стін, штучних звукопоглиначів та звукових екранів, віброізованих фундаментів або амортизаторів під обладнання.

Якщо неможливо знизити рівень шуму до допустимих меж шляхом проведення перерахованих заходів, слід застосовувати індивідуальні засоби захисту працюючих – заглушки (тампони з ультратонкого скловолокна) і навушники. У ряді випадків при проектуванні виробничих процесів необхідно звертати увагу на засоби захисту не тільки від шуму, але й від інфра- та ультразвуку.

Виробнича естетика, яка чинить психологічний вплив на людину, також впливає на продуктивність праці, тому проведенню різних заходів щодо поліпшення естетичного оформлення приміщень слід також приділяти велику увагу.

Підсистема обслуговування працівників призначена для створення нормальних умов для роботи шляхом організації побутового й медичного обслуговування, а також служб громадського харчування.

За видами обслуговування й розміщення об'єктів побутове обслуговування можна розбити на три групи [18]:

– місцеве, у повсякденний робочий час, у радіусі 50–90 м – курильні, санітарні вузли, питні пристрої;

– цехове й міжцехове, повсякденне та періодичне, у радіусі 200–400 м – комплекс гардеробів, умивальників і душових приміщень;

– загальнозаводське, повсякденне та періодичне, у радіусі 500–800 м – пральні, ремонтні та інші об'єкти.

У механоскладальних цехах створюють фельдшерський пункт при кількості працюючих 300–800, а в цехах із підвищеною небезпекою щодо травматизму й професійних захворювань – за меншою їх кількістю.

За видами обслуговування й розміщення об'єкти медичного обслуговування мають розподіл, так само як побутове обслуговування. До місцевого медичного обслуговування відносять санітарні пости, площу яких беруть із розрахунку 0,01 м<sup>2</sup> на одну людину в зміну, із максимальною кількістю персоналу й кімнати особистої гігієни жінок, на які передбачають площі з розрахунку 0,1 м<sup>2</sup> на одну жінку в зміні, із максимальною кількістю персоналу. Цехове медичне обслуговування здійснюють медпункти. Їхню площу розраховують за нормою 0,06–0,08 м<sup>2</sup> на одного працівника в зміну з максимальною кількістю персоналу. Зазвичай основна площа медпунктів складається з декількох кімнат загальною площею 48 м<sup>2</sup> [18]. Додатково виділяють площу для санітарного вузла.

До служби місцевого громадського харчування відносять торгові автомати, кіоски й лотки. До служби цехового громадського харчування входять буфети, кіоски, торгові автомати, лотки та цехові їдальні.

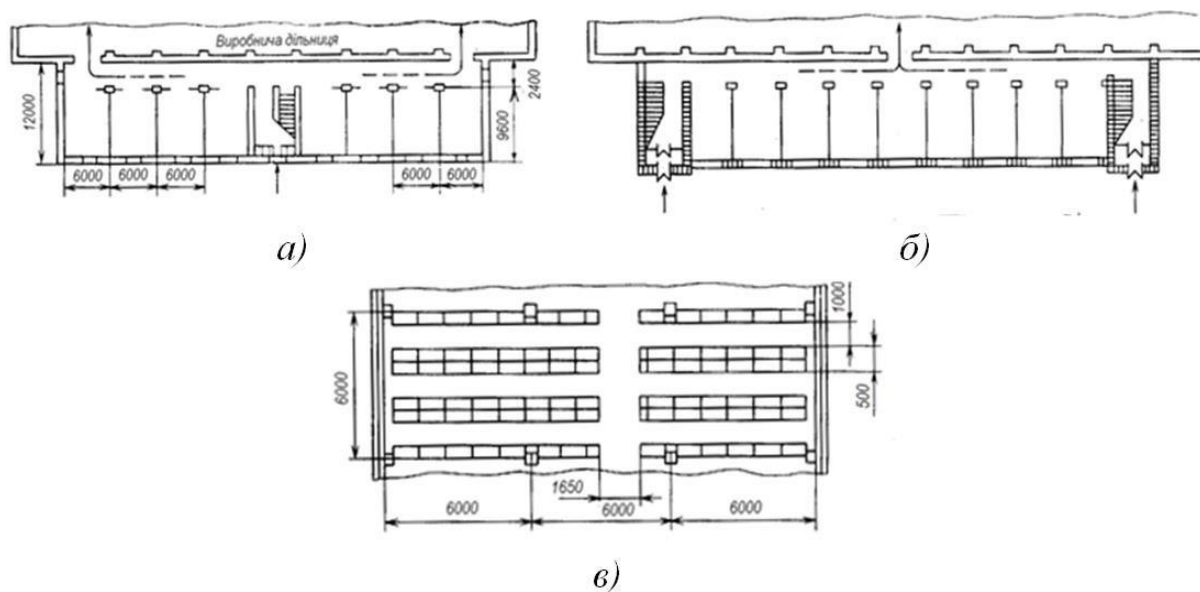
### ***1.10.2 Основні принципи проєктування приміщень та робочих місць із точки зору охорони праці та техніки безпеки***

Побутові приміщення найчастіше розміщують у двоповерховій (або з великою кількістю поверхів) прибудові до виробничого корпусу, у нижній частині якої розміщують допоміжні відділення цеху й санітарні вузли; у другому й більш високих поверхах розміщують гардероби й душові, конторські приміщення й приміщення психологічного розвантаження персоналу. Деякі варіанти планувальних рішень побутових приміщень показані на рис. 1.68.

Розміщення комплексу побутового обслуговування в окремій будівлі, яка пов'язана переходами з виробничими приміщеннями, забезпечить

максимальний комфорт і найкращі архітектурно-планувальні рішення для виробничих корпусів із кількістю працюючих до 1,5–2 тис.

Стіни, двері та обладнання санітарних вузлів повинні бути облицьовані такими матеріалами, які при змиванні з них бруду не змінюють колір і з яких стікає вся волога. Обов'язкове встановлення поливальних кранів із гарячою і холодною водою для миття підлог, стін і устаткування. Питні пристрої (колонки) розміщують безпосередньо на виробничих площах у місцях, найбільш зручних для користування ними. Вони можуть бути як одномісними, так і багатомісними.



*а – із одним входом; б – із двома входами; в – план розміщення шаф*  
*Рисунок 1.68 – Приклади планування гардеробів та побутових приміщень, які розміщені в прибудові до виробничого корпусу [18]*

У типових проєктах побутових прибудов кожен зал вбиральні розбитий на блоки-осередки, які забезпечені необхідними санітарно-технічними пристроями (умивальники, душові). Групи шаф відокремлені від проходів розсувними дверима. Два ізольованих проходи розділяють потоки людей, які йдуть на роботу і з роботи. Ширина між шафами 2 м, що дає можливість улаштувати лави для переодягання користувачів гардеробу. У блоках розміщені подвійні шафи для зберігання вуличного й домашнього одягу та одинарні шафи для зберігання робочого одягу. Габаритні розміри подвійних шаф 350×500×1800 мм; одинарних – 250×500×1800 мм [18]. У прибудовах встановлюють душові кабінки закритого типу з місцями для переодягання. Кількість кранів для вмивання – один на десять чоловік, незалежно від спеціальності працюючих і операцій технологічного процесу,

які вони виконують. При гардеробних передбачені пристрої для прибирання всіх приміщень гардероба з використанням холодної та гарячої води. У гардеробних рекомендується також установлювати пристосування для чищення взуття, сушіння волосся, дзеркала.

Для харчових автоматів, кіосків і лотків радіус обслуговування приймають рівним 50–90 м [18]. Їх встановлюють зазвичай у безпосередній близькості від виробничих дільниць або в окремих випадках (при допустимості цього за гігієнічними вимогами) на самих виробничих дільницях. Необхідні площі під автомати – 0,2 м<sup>2</sup>; під кіоски – 3–4 м<sup>2</sup>. Буфети, а також роздаткові їдальні працюють у радіусі 200–400 м, і їх організують при великих виробничих корпусах у побутових приміщеннях. Буфети вимагають площі 0,05 м<sup>2</sup>, а їдальні – 0,6 м<sup>2</sup> для обслуговування однієї людини [18].

### **Контрольні питання**

1. Яке основне призначення системи охорони праці в механоскладальному цеху?
2. Охарактеризуйте основні функції підрозділів системи.
3. Опишіть засоби протипожежної безпеки.
4. Опишіть засоби безпеки в автоматизованому виробництві.

#### **1.11 Проектування механоскладальних цехів**

1. Вибір компоновальної схеми будівлі. Поняття про основні будівельні елементи
2. Основні принципи компоновальних рішень цехів механоскладального виробництва
3. Уточнення планування робочих місць і кількості робітників
4. Пов'язання компоновального плану цеху з генеральним планом заводу

##### ***1.11.1 Вибір компоновальної схеми будівлі. Поняття про основні будівельні елементи***

При проектуванні нового цеху має значення вибір типу виробничої будівлі та її компоновання. При реконструкції та технічному переозброєнні виробництва виникає завдання оптимального використання наявних виробничих будівель. Вартість виробничих будівель у машинобудуванні досягає 30–40 % вартості основних фондів підприємств [7].

Об'ємно-планувальні рішення виробничих будівель цехів механо-складального виробництва представлені наступним [7]:

- одноповерхові та багатоповерхові будівлі;
- зі світлоаераційними ліхтарями та без них;
- кранові (обладнані мостовими кранами) та безкранові будівлі;
- з використанням підлогового й підвісного транспорту.

За формою в плані будівлі проєктують прямокутними, в окремих випадках застосовують Г-, П- або Ш-подібні форми. Вибір зазвичай пов'язаний із формою і розмірами майданчика заводу або прагненням зарезервувати площу для подальшого розширення цехів шляхом прибудови додаткових прогонів.

При проєктуванні виробничих будівель найбільш широко застосовувані каркасні будівлі з використанням уніфікованих залізобетонних будівельних елементів заводського виготовлення.

Уніфіковані типові секції (УТС) – це об'ємна частина будівлі, яка складається з одного або декількох прогонів однакової довжини. Використання УТС дозволяє розмістити в одній будівлі кілька цехів, якщо це не суперечить умовам виробництва й вимогам протипожежної безпеки. Прогін – це об'ємна частина будівлі, яка обмежена двома суміжними рядами колон. Колони поділяють на пристінні (однобічні) і внутрішні (двобічні); прямокутні (0,4×0,6 м) і квадратні (0,4×0,4 м). Вони є опорними частинами будівлі [8].

Фундаменти під залізобетонні колони або сталеві колони промислових будівель виконують із залізобетонних конструкцій ступеневого типу. Розміри підшов фундаментів вибирають у залежності від навантажень від обладнання й стану ґрунту. При плануванні обладнання, що встановлюється на окремі фундаменти, необхідно враховувати розміри фундаментів колон і під обладнання. Розміри перерізів залізобетонних колон приймаються не менше 30×30 см.

На колони спираються ригелі (опорна балка, на яку спираються інші несучі елементи будівельної споруди: балки, стійки, колони, стіни), а покладені на них панелі відділяють поверх від поверху. Перекриття буває кроквяне (перекриває і підтримує настил покрівлі) і безкроквяне (перекриває дванадцятиметровий крок колон і утворює проміжні опори для розміщення з шестиметровим кроком кроквяних колон). Покрівля буває плоска (для багатопрогонових будівель) і зі схилом (для будівель із підвищеним кроком колон). Панелі-стіни мають розміри 6 і 12 м за довжиною, 1,2 і 1,8 м за висотою і 0,2 та 0,5 м за товщиною. Ліхтарі встановлюють на покрівлі з метою освітлювання та аерації.

До огорожувальних конструкцій будівлі відносяться панелі стін, вікна, двері та ворота. Ворота бувають: розгорнуті (2,0×2,4 м), розсувні (3,0×3,0 м), підземні (4,0×3,6 м), шторні (4,0×4,2 м) для безрейкового транспорту та 4,7×5,6 м для залізничного транспорту [7].

Двері бувають: евакуаційні, транспортні, запасні. Їхні розміри, відповідно: 1,0; 1,5; 2,0 м за шириною та 2,4 м за висотою [7].

Перегородки у відділеннях з відновлення різального інструменту і в приміщеннях для лекальних і контрольних робіт роблять скляними з нижньою залізною частиною, висотою 1 м і загальною висотою перегородки 2,5–3 м. У побутових і конторських приміщеннях застосовують дерев'яні або в окремих випадках сталеві перегородки. Двері й ворота для виходу назовні або на сходову клітку розміщують від найбільш віддаленого робочого місця на відстанях, що відповідають нормам з техніки протипожежної безпеки. Двері для евакуації працівників повинні відкриватися в напрямку виходу з будівлі.

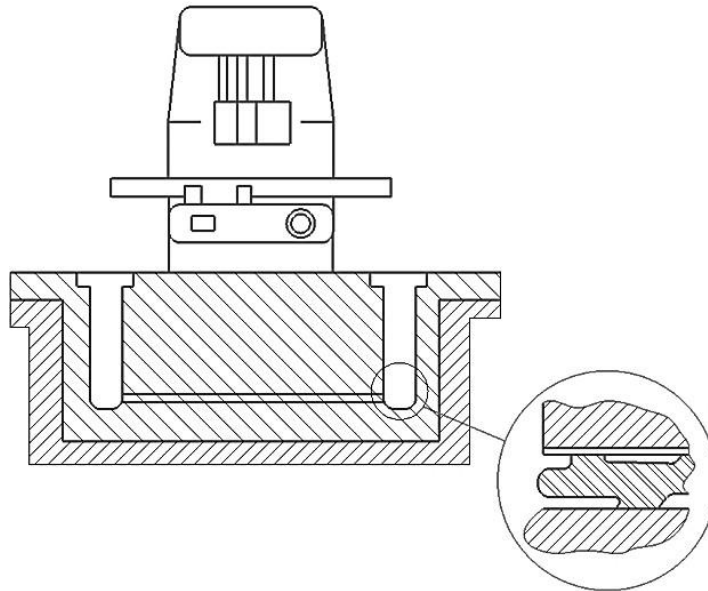
В основному, усе обладнання цеху встановлюють на загальну бетонну подушку, яка виготовлена з армованої залізними прутами сітки 25×25 см товщиною 250–300 мм [8]. Устаткування, яке має змінне динамічне навантаження, наприклад стругальні, плоскошліфувальні та інші верстати, а також обладнання вагою більше 7 т встановлюють зазвичай на окремі фундаменти.

Верстати класів точності А і С і вимірювальні пристрої, для яких неприпустимі коливання навіть невеликої амплітуди, встановлюють на віброізолювальні фундаменти. На такі ж фундаменти встановлюють і складальні стенди для складання прецизійних виробів. Фундаменти розміщують на відстані від несучих конструкцій будівлі – колон і стін.

Фундаменти на природній і пальної основі застосовують для встановлення устаткування підвищеної точності з недостатньо жорсткими станинами або обладнання, у якому мають місце внутрішні чинники коливань.

Пальові фундаменти забезпечують більш високу віброізоляцію при високій жорсткості основи. Фундаменти цього типу застосовують також для обладнання з важкими вузлами, які переміщуються, із неврівноваженими деталями, а також для обладнання, що працює з різкими реверсами окремих вузлів.

Застосовуються також фундаменти на гумових килимках (рис. 1.69). Бетонний блок можна встановлювати безпосередньо на поверхні килимка, який покривають гідроізоляційним папером і листом покрівельного заліза. Килимки мають висоту 21–26 мм і площу 350×350 мм.



*Рисунок 1.69 – Фундамент на килимках для установки високоточного обладнання*

Фундаменти на гумових килимках застосовують для установки верстатів класів точності В і А й обладнання з недостатньо жорсткими станинами або із сильними динамічними збуреннями. Для зниження коливань фундамент роблять важким і відокремлюють від основного фундаменту наскрізним швом. Недоліками є відносна складність конструкції і значні габарити в плані. Однак монолітність фундаменту забезпечує надійну установку устаткування й високу точність його роботи.

Фундаменти на пружинах застосовують для установки верстатів класу точності С, точних вимірювальних машин і т. п. У цьому випадку бетонний блок ставлять на пружини, які ніби замінюють килимок.

Розміри фундаментів у плані визначають за розмірами основи обладнання. Відстань від бокової площини опор станини до краю фундаменту повинна бути не менше 100 мм, а відстань від меж колодязів для анкерних болтів до меж фундаменту – не менше 200 мм.

Устаткування з відносно короткими станинами встановлюють на фундамент або загальну плиту за допомогою клинів, заливаючи їх по всій опорній поверхні станини цементним розчином, одночасно виконують закріплення обладнання анкерними болтами. Така установка обладнання зменшує деформацію станини на 30–40 % [18].

Верстати класів Н і П і деяких типів класу В обмежуються віброізолювальними опорами, що забезпечує необхідну якість напівфабрикатів після обробки та спрощує перестановку верстатів.



Пружними елементами в таких віброізолювальних опорах можуть бути наступні елементи: при частоті власних коливань системи більше 20 Гц – фетр, пробка, прогумована парусина, пластмаси, армовані волокнистими матеріалами свинцево-азбестові прокладки; при частоті 10...20 Гц – гума, дротова сітка об'ємного плетіння, товсті фетрові й пробкові прокладки; при частоті 10...50 Гц – гума (працює на зсув), дротова сітка об'ємного плетіння; при частоті менше 5 Гц – спіральні й листові пружини, пневматичні опори [18].

При встановленні устаткування на віброізолювальні прокладки забезпечують щільне прилягання прокладки як до підлоги, так і до станини, для попередження місцевого перевантаження в прокладках, що призведе до передчасного їхнього зношування й до спотворення значень власних частот коливань.

На підлозі цеху встановлюють обладнання масою до 10 т нормальної і підвищеної точності і з жорсткими станинами, у яких відношення довжини до висоти перетину менше 10. Легке устаткування масою до 2 т, що не має високих динамічних навантажень, можна встановлювати безпосередньо на торцеве покриття бетонної підлоги. На стрічкових фундаментах установлюють обладнання масою до 30 т [20]. Типи підлог і допустимі навантаження в залежності від упровадження нових технологічних процесів дані в табл. 1.13.

*Таблиця 1.13 – Покриття підлоги й допустимі технологічні навантаження [20]*

Цехи, відділення, приміщення	Покриття	Максимальне технологічне навантаження, кН/м <sup>2</sup>
Механічні цехи (виробнича площа)	Полімерцементні	30...50
	Торцева дерев'яна шашка	30
Прецизійні механічні і складальні цехи, дільниці	Керамічні плити на цементно-піщаному прошарку	16
Складальні цехи (виробнича площа)	Торцева дерев'яна шашка	30
	Полімерцементні	30...50
Випробувальні відділення, станції	Керамічні плити на цементно-піщаному прошарку	1,6
Цехові контрольні та контрольні-перевірочні пункти	Поливінілацетатні на цементно-піщаному прошарку; лінолеум	5

На головних магістральних проїздах застосовують плитки з мармурової крихти, чавунні або бетонні. Покриття вибирають у залежності від конкретних умов експлуатації, при цьому необхідно враховувати його хімічну стійкість, тобто вплив на нього робочих рідин.

Компонування будівель відбувається з основних секцій розміром  $72 \times 144$  м і  $72 \times 72$  м [20]. Основні будівельні параметри прогонів сучасних виробничих споруд наведені в табл. Г.7 (додаток Г).

Такі секції є основою виробничої будівлі (рис. 1.70, а). Приклади будівель, доповнених одно- та двох пролітними секціями, із розміщенням прогонів перпендикулярно до основних секцій (використовується в поточковому конвеєрному складанні виробів), наведені на рис. 1.70, б. Розміщення додаткових прогонів паралельно основним секціям будівель, що використовується в одиничному й дрібносерійному виробництві, – на рис. 1.70, в. У додаткових кранових прогонах більшої висоти розміщують ділянки виготовлення базових деталей та складання виробів. Блокування кількох цехів в одній будівлі сприяє скороченню комунікацій і транспортних витрат.

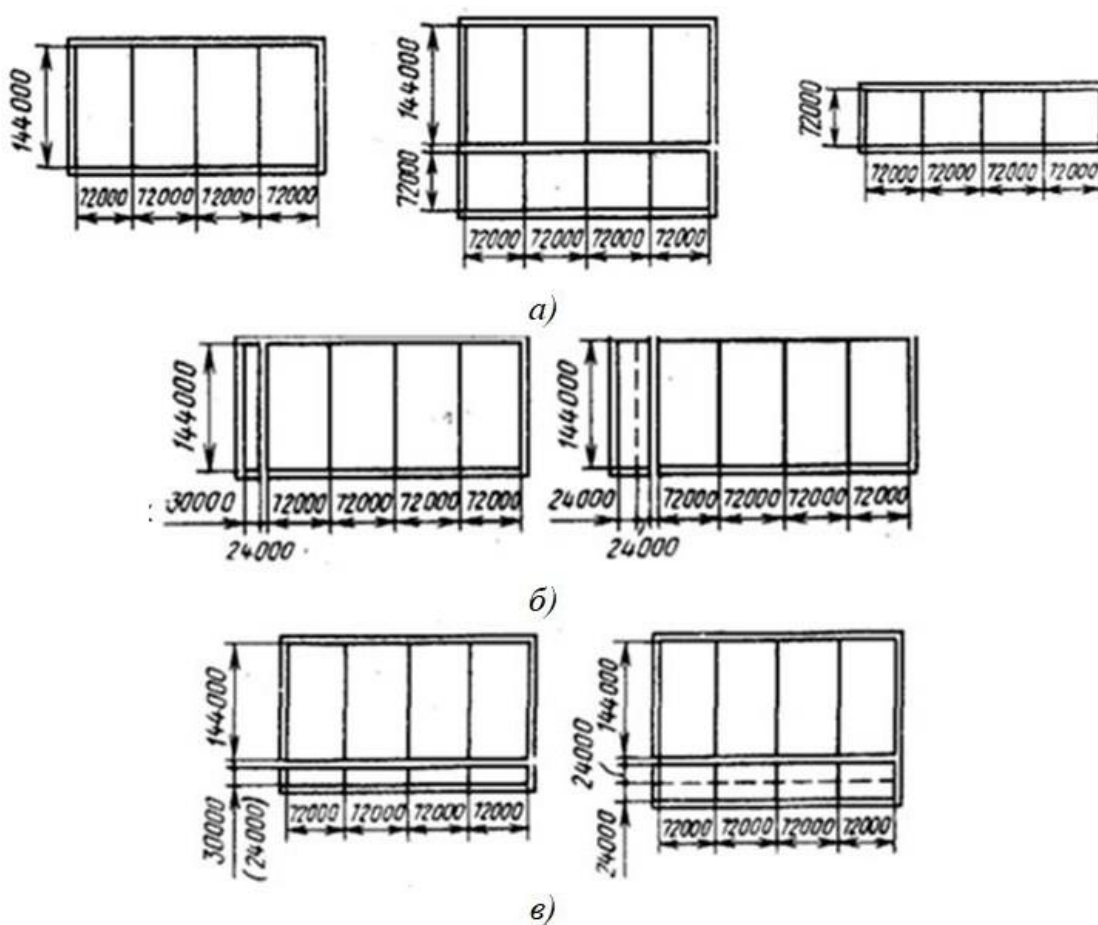
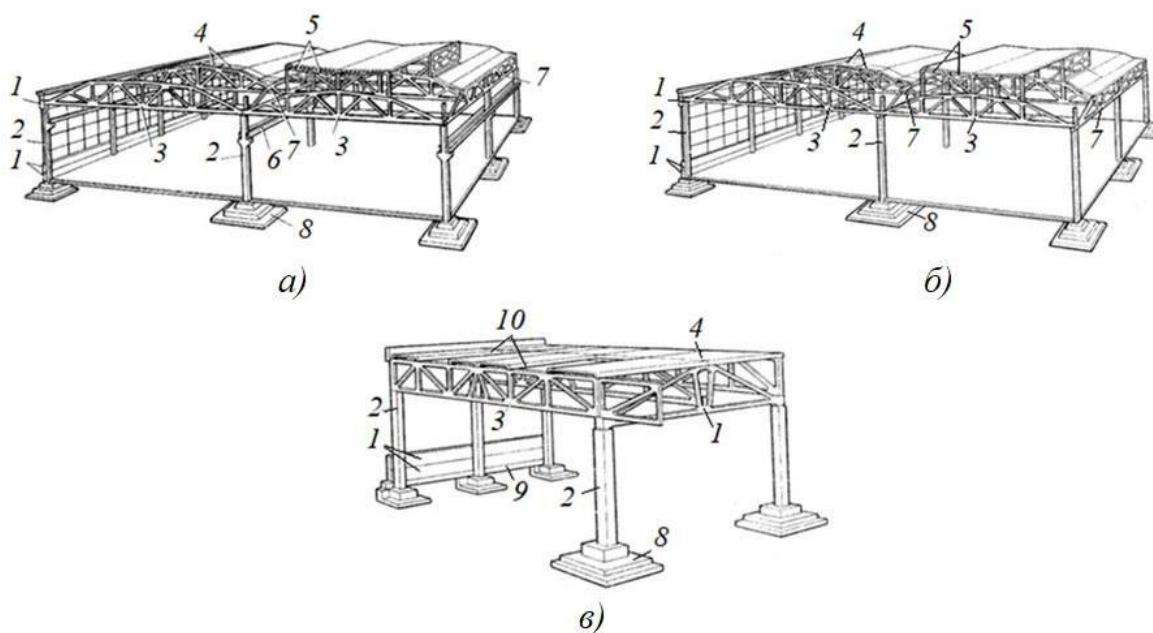


Рисунок 1.70 – Приклади схем виробничих будівель, які скомпоновані з уніфікованих типових секцій [7]

Одноповерхові будівлі дешевше багатопверхових при тій же виробничій площі, тому частіше використовуються в машинобудуванні [7]. Більша ширина прогонів і крок колон в одноповерхових виробничих будівлях дозволяють краще використовувати виробничі площі через зменшення «мертвих зон» навколо колон. При реконструкції діючих підприємств, через вплив наявної забудови (при обґрунтуванні), застосовують багатопверхові виробничі будівлі.

На рис. 1.71 показані приклади різноманітних конструктивних схем прогонів одноповерхових виробничих будівель із повним каркасом, які утворюють колони 2, кроквяні 3 і підкроквяні 7 ферми, підкранові балки 6 і плити 4 покриттів. Колони спираються на фундаменти 8, габаритні розміри яких необхідно враховувати при розміщенні високоточних верстатів, що встановлюються на власні фундаменти, а також при визначенні трас стружкоприбиральних конвеєрів. Висока подовжня й поперечна жорсткість каркаса будівлі досягається зварюванням сталевих закладних елементів і подальшим заповненням стиків бетоном [7].



*а – кранові прогони (без ліхтарів та зі світлоаераційними ліхтарями);*

*б – безкранові прогони (без ліхтарів та зі світлоаераційними ліхтарями);*

*в – безкранові прогони (з плоскою покрівлею і світловими плафонами)*

*Рисунок 1.71 – Приклади різноманітних конструктивних схем прогонів одноповерхових виробничих будівель [8]*

Для освітлення й природного провітрювання в прогонах середніх рядів передбачають світлоаераційні ліхтарі. У крайніх прогонах природне освітлення забезпечується бічним склінням. У конструкції будівель

із плоским дахом в окремих випадках передбачають світлові плафони. Однак подібні рішення не набули широкого поширення через складність забезпечення герметизації плафонів і швидкого їхнього забруднення в процесі експлуатації.

При оформленні компоувальних планів будівлю в плані зображують у вигляді сітки поздовжніх і поперечних розмічувальних (координатних) осей (рис. 1.72). При цьому поздовжні геодезичні осі, що утворюють прогони будівлі, позначають великими літерами українського алфавіту, а поперечні – арабськими цифрами.

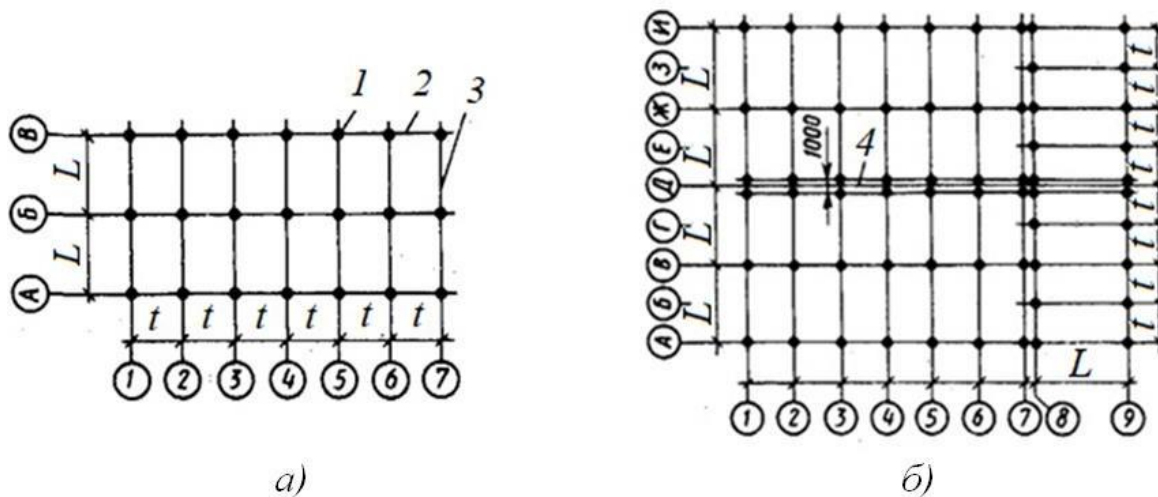
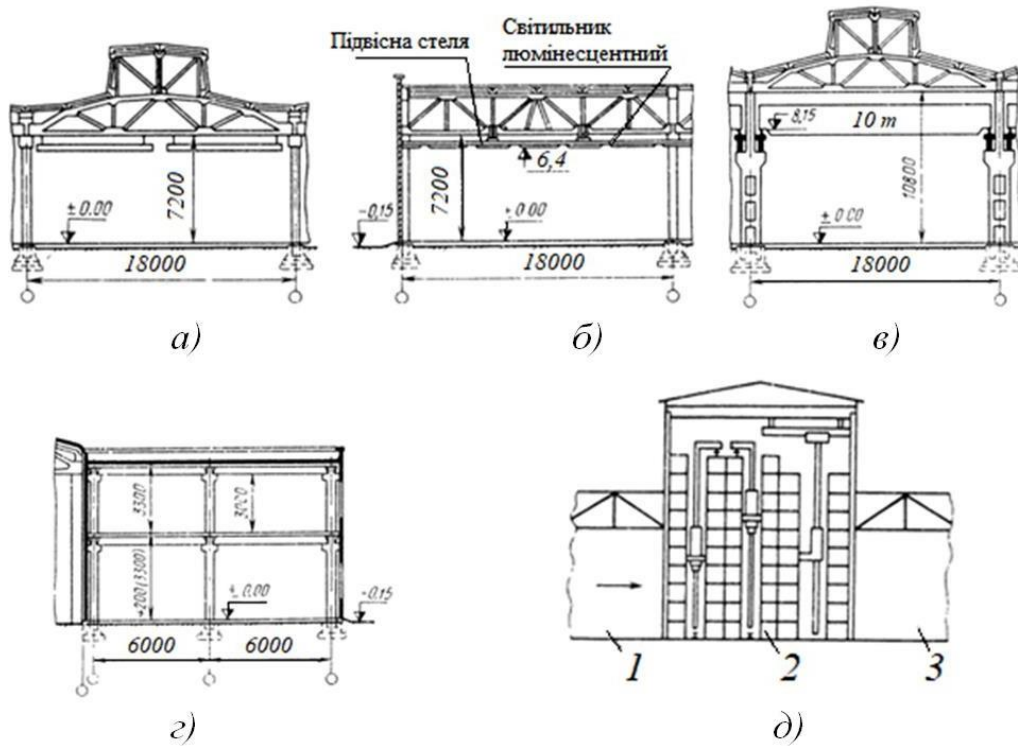


Рисунок 1.72 – Схема будівлі в плані [8]

Основні секції можуть бути крановими й безкрановими, із сіткою колон  $18 \times 12$  м або  $24 \times 12$  м при висоті прогону 6,0; 7,2; 8,4 м для безкранових та 10,8; 12,6 м для кранових будівель [20].

Крім основних, у механоскладальних цехах машинобудівного виробництва передбачають додаткові одно- і двопробонні секції довжиною 72 м, обладнані кранами з висотою прогону 10,8; 12,6; 16,2 і 18 м. Ці прогони мають ширину 24 і 30 м і призначаються для розміщення великих виробів. Поперечні розрізи прогонів представлені на схемі (рис. 1.73) [8].

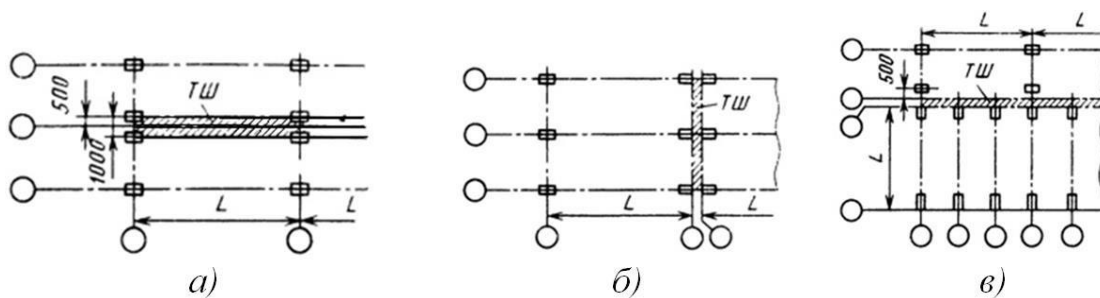
З основних і додаткових секцій можна компоувати виробничі будівлі будь-яких розмірів і форми. Кожна секція відділяється від іншої температурно-деформаційним швом, що представляє собою здвоєний ряд колон (рис. 1.74). При обґрунтуванні схеми нової будівлі необхідно прагнути до уніфікації об'ємно-планувальних і конструктивних рішень промислових будівель. Тому віддають перевагу будівлям прямокутної форми, із прогонами одного напрямку, переважно без перепадів висоти.



*а* – безкранова будівля зі світлоаераційним ліхтарем; *б* – безкранова будівля з плоским дахом і підвісною стелею; *в* – кранова будівля; *г* – прибудова до виробничого будинку для розміщення адміністративних і побутових приміщень; *д* – розміщення висотного складу готових деталей між прогонами механічної обробки й складання;

*1* – прогони цеху механічної обробки; *2* – склад; *3* – прогони складання

Рисунок 1.73 – Поперечні розрізи прогонів [7]



*а* – поперечного; *б* – поздовжнього; *в* – поздовжньо-поперечного  
Рисунок 1.74 – Розміщення температурно-деформаційних швів (ТШ)

Прогони цехів з підвищеною висотою необхідно групувати разом, але кількість висот повинна бути мінімальною. Будинки без світлоаераційних ліхтарів із підвісною стелею (див. рис. 1.73, *б*) застосовують для термоконстантних корпусів. Міжфермовий простір при цьому використовують для розміщення повітропроводів і фільтрів для систем кондиціонування [7].

У великих корпусах в окремих випадках передбачають архітектурно-планувальні вставки для розміщення висотних складів або інших допоміжних служб (див. рис. 1.73, *д*). У таких вставках також розміщують: вводи залізничних шляхів; системи технічного обслуговування цехів (обладнання та повітроводи для централізованих вентиляційних установок і кондиціонерів, трансформаторні підстанції та ін.).

Для прибудов і окремо розміщених адміністративно-побутових будівель розроблені уніфіковані типові секції із сіткою колон  $6 \times 6$  м. Ширина прибудови становить 12 м, окремо розташованих будівель – 18 м. Довжина секцій уніфікованого ряду становить 36, 48 і 60 м. Передбачено варіанти дво-, три- і чотириповерхових прибудов і будівель, причому перший поверх прибудов може бути використаний для розміщення допоміжних відділень. Висота першого поверху в цьому випадку може бути 4,2 м. При розміщенні адміністративних і побутових приміщень висоту поверху (від підлоги до підлоги) приймають рівною 3,3 м [7].

Прибудова може розміщуватися в торцевій частині будівлі або уздовж крайнього прогону. Перший варіант застосовують частіше. Це обумовлене тим, що при такому розташуванні забезпечується розподіл потоку працівників по прогонах і виключається перетин технологічних потоків і людських.

При розміщенні прибудови уздовж останнього прогону обмежується можливість розширення цеху, затемнюється прогін, тому цей варіант компонування не рекомендується до застосування. При розміщенні в торцях будівель складів заготовок або конвеєрів для складання необхідно передбачати підземні переходи. При оформленні компонувального плану необхідно прив'язати конструктивні елементи будівлі (колони, осі кранових рейок і підкранових балок) до розмічувальних осей.

*Основні правила розмірної прив'язки при компонуванні одноповерхових виробничих будівель, скомпонованих з уніфікованих типових секцій [7]:*

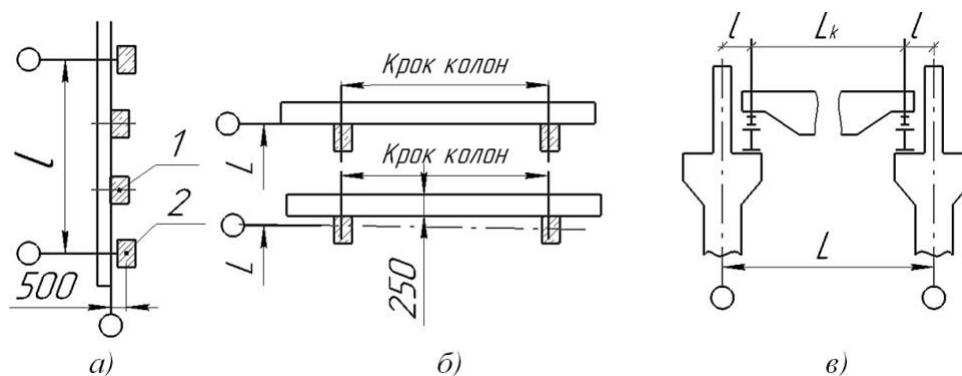
1. Колони середніх рядів розміщують так, щоб геометричні центри їхніх перетинів і надкранової частини збігалися з перетином розмічувальних осей, за винятком колон, які розміщені в зоні температурно-деформаційних швів.

2. У зоні температурного шва колони поперечних швів (див. рис. 1.74, *а*) переставляють усередину секції на 500 мм щодо розмічальної осі. Поздовжні шви утворюють переміщенням колон усередину секції так, щоб відстань між бічними сторонами колон була не менше 500 мм (див. рис. 1.74, *б, в*). У зоні поздовжнього шва передбачають дві геодезичні осі.



3. Поздовжні шви роблять на одній колоні при використанні сталевих ферм на шарнірних опорах.

4. Торцеві колони будівлі переміщують усередину щодо розмічальної осі на 500 мм (див. рис. 1.75, а), щоб пропустити колони фахверка (легкий каркас, необхідний для розміщення на ньому стінових панелей) із кроком 6 м.



*а – торцевих; б – поздовжніх рядів; в – осей кранових рейок;*

*1 – колона фахверка; 2 – колони основного каркасу*

*Рисунок 1.75 – Прив'язка крайніх колон і осей кранових рейок*

5. Останні колони поздовжнього ряду переміщують щодо розмічальної осі всередину прогону так, щоб торцева грань колони збігалася з поздовжньою розмічальною віссю. Таку прив'язку називають нульовою (рис. 1.75, б). Цей варіант прив'язки застосовують для безкранових секцій, а також для будівель, які обладнані мостовими кранами вантажопідйомністю до 30 т при кроці колон останнього ряду 6 м. Для кранових будівель із кроком колон останнього ряду 12 м і при вантажопідйомності крана до 50 т застосовують прив'язку «250» (рис. 1.75, б).

6. Осі підкранових балок і рейок розміщуються у всіх рядах на відстані  $l = 750$  мм від поздовжніх розмічальних осей при вантажопідйомності кранів до 50 т і на відстані  $l = 1000$  мм у разі використання кранів більшої вантажопідйомності (рис. 1.75, в).

При виборі компоновки будівлі слід виходити з величини загальної площі цехів, прийнятого варіанта їхнього взаємного розміщення, урахування того, що для їхнього обслуговування необхідно організувати допоміжні служби.

При корпусній структурі виробництва доцільно створювати загальний корпусний склад заготовок і металу, об'єднувати підрозділи для організації ремонтного обслуговування технологічного, енергетичного і підйомно-транспортного устаткування.

Загальні системи забезпечення верстатів МОР, прибирання стружки, транспортного обслуговування, забезпечення інструментом та інші сприяють кращому використанню складного обладнання, скорочення кількості допоміжних робітників і потрібної площі.

У процесі загального компонування корпусу, уточнення раніше прийнятих планувальних рішень визначають габаритні розміри й структуру виробничої будівлі.

### ***1.11.2 Основні принципи компоувальних рішень цехів механоскладального виробництва***

Компоувальні плани виконують для кожного поверху будівлі і вказують на них:

- основні стіни;
- межі між цехами й дільницями;
- допоміжні пристрої (трансформаторні підстанції, насосні вентиляційні камери і т. д.);
- основні підйомно-транспортні пристрої (крани, кран-балки, конвеєри) і їхні траси;
- основні вантажопотоки;
- основні проїзди й проходи;
- вводи залізничних колій;
- межі підвалів, антресолей, тунелів, магістральних стружкоприбиральних каналів із зазначенням вертикальних відміток щодо рівня підлоги основного поверху.

Компоувальні плани виконують у масштабах 1:200 і 1:400 (в окремих випадках 1: 800) на основі креслеників архітектурно-будівельної частини, зберігаючи прийняту в ньому розмітку й маркування осей колон, стін та інших будівельних конструкцій. Рекомендовані позначення наведені в табл. А.1.

У якості вихідних даних для розробки компоувального плану використовують склад відділень і служб цехів, дані про їхні площі, обрану раніше компоувальну схему, загальну послідовність виробничого процесу, а також основні параметри й загальне компоування будівлі.

*Основні принципи, які визначають вибір компоування цехів:*

- забезпечення прямоточности виробничого процесу;
- компактність, тобто використання мінімальної виробничої площі для розміщення дільниць і цехів;



- використання найбільш економічних прогресивних видів транспорту;
- мінімізація транспортних операцій для переміщення виробів у процесі їхнього виробництва;
- сумісність технологічних процесів, які виконуються на суміжних ділянках або в цехах, із точки зору взаємного впливу на якість виробів, а також з урахуванням умов праці та протипожежних заходів;
- можливість подальшого розширення виробництва й перепланування обладнання, пов'язаних зі зміною або впровадженням нових технологічних процесів;
- використання раціональних компоновок будівель з уніфікованих типових секцій.

Головним при виборі компоувальної схеми є забезпечення коротшого шляху основних технологічних вантажопотоків (від отримання заготовок і напівфабрикатів до готових виробів). При цьому цехові або корпусні склади заготовок розташовують у корпусі з боку заготівельних цехів, а вихід готової продукції – із боку складу готової продукції. Підрозділи технічного, ремонтного й інструментального обслуговування, як правило, розміщують осторонь від основних технологічних потоків або по периферії корпусу, або по межах цехів, усередині великих корпусів.

Компоування нерозривно пов'язане з організаційною формою механоскладального виробництва. При цьому формуються інформаційні потоки у виробничій системі й визначаються місця розміщення засобів керування.

### ***1.11.3 Уточнення планування робочих місць і кількості робітників***

При загальному компоуванні цеху з врахуванням роботи транспортної, складської системи, систем забезпечення інструментом, ремонтного та технічного обслуговування, контролю якості виробів, заходів з охорони праці та безпеки на виробництві уточнюють планування окремих виробничих ділянок.

Уточнюють зони прийому заготовок і зони відправлення готових деталей і вузлів, планування устаткування на суміжних ділянках корпусу, зокрема розміщення рядів верстатів, лінійних магістральних конвеєрів для відведення стружки, збірних станцій або ємностей для їхнього зберігання. Уточнюють маршрути руху транспорту з урахуванням розміщення обладнання, проїздів, складів, можливості передачі деталей і вузлів

з одного прогону в інший. Визначають розміщення робочих місць майстрів, трансформаторних підстанцій, циркуляційних установок МОР, вентиляційних камер і компресорних станцій.

Остаточню підраховують загальну площу цеху та його підрозділів.

На підставі загального компоувального плану цеху уточнюють розміщення зони багатостанційного обслуговування, основного та допоміжного устаткування, задану кількість робочих місць, кількість робітників, які обслуговують підйомно-транспортне обладнання, та допоміжні відділення і кількість працівників у них.

#### **1.11.4 Пов'язання компоувального плану цеху з генеральним планом заводу**

Цехи механоскладального виробництва входять у загальну структуру машинобудівного заводу, яка залежить від обсягу випуску, характеру технологічного процесу, вимог до якості виробів, рівня спеціалізації і кооперування виробництва та інших чинників.

Компоувальний план цеху (корпусу) повинен бути пов'язаний із розміщенням інших цехів і служб заводу, а також із транспортними комунікаціями. Для цього розробляють *генеральний план заводу* – план взаємного розміщення всіх будівель і споруд, транспортних магістралей, інженерних мереж з урахуванням рельєфу та благоустрою територій [7].

При розробці генерального плану визначають структуру цехів і служб заводу, їхні площі, а також технологічну схему виробництва.

У комплексному варіанті до складу машинобудівного заводу входять: заготівельні цехи, обробні, допоміжні цехи (див. рис. 1.2). Загальна тенденція спрямована на розвиток спеціалізованих виробництв, що обумовлює створення технологічно-, подетально- і предметно-спеціалізованих заводів із виробництва заготовок, деталей і комплектуючих виробів. При наявності таких спеціалізованих виробництв машинобудівні заводи, що випускають вироби, стають в основному складальними й виготовляють специфічні деталі, а також здійснюють загальне складання виробів [7].

Технологічна схема виробництва допомагає раціонально розмістити цехи, склади та інші підрозділи заводу, щоб забезпечити найменшу потужність вантажопотоків, та показує взаємозв'язок між підрозділами заводу, послідовність руху вихідних матеріалів і напівфабрикатів у процесі їхнього перетворення в готовий виріб.

На етапі складання попереднього генерального плану потрібні площі цехів визначають за техніко-економічними показниками, щоб мати уявлення про необхідні розміри майданчика.

Склад заводу, площі й розміщення підрозділів уточнюють і розробляють остаточний варіант генерального плану. Вибирають зовнішній і внутрішній заводський транспорт. Залізничний транспорт передбачають для великих заводів, а для малих і середніх більш ефективно використання автомобільного транспорту.

Компонування генерального плану починають із зонування території для розміщення на ній груп цехів, що мають подібні технологічні процеси й вимоги до умов виробництва.

Виділяють зони гарячих цехів, обробних і складальних цехів, допоміжних цехів, енергетичних і загальнозаводських прибудов. До особливої зони відносять пожежо- та вибухонебезпечні виробництва, її віддаляють від інших зон на безпечні відстані. Рекомендується розмістити групи однорідних цехів в одному корпусі, що сприяє здешевленню будівництва, скороченню витрат на транспорт, комунікації, опалення.

При розміщенні цехів необхідно враховувати напрямок пануючих вітрів. Напрямок вантажопотоків необхідно пов'язувати з маршрутами рухів людей таким чином, щоб транспортні вводи в корпус і входи для працівників виконувати з протилежних боків. Склади заготовок у корпусах механічних цехів слід розміщувати з боку заготівельних цехів.

При проектуванні генерального плану використовують:

- принципи прямоточності технологічних процесів;
- компактність планувань;
- забезпечення мінімальної території під забудову й комунікації;
- планування використання найбільш прогресивних технологічних процесів і транспортних систем;
- планування площі для подальшого розширення.

На рис. 1.76 показана схема генерального плану машинобудівного підприємства.

Обраний варіант генерального плану обґрунтовується техніко-економічним розрахунком.

Основними техніко-економічними показниками, що характеризують генеральний план, є:

- коефіцієнт забудови [7]

$$K_{3C} = \frac{S_{3C}}{S_{\Pi}}; \quad (1.114)$$

– коефіцієнт використання території [7]

$$K_{BS} = \frac{S_{BS}}{S_{\Pi}} ; \quad (1.115)$$

– показник інтенсивності використання ділянки [7]

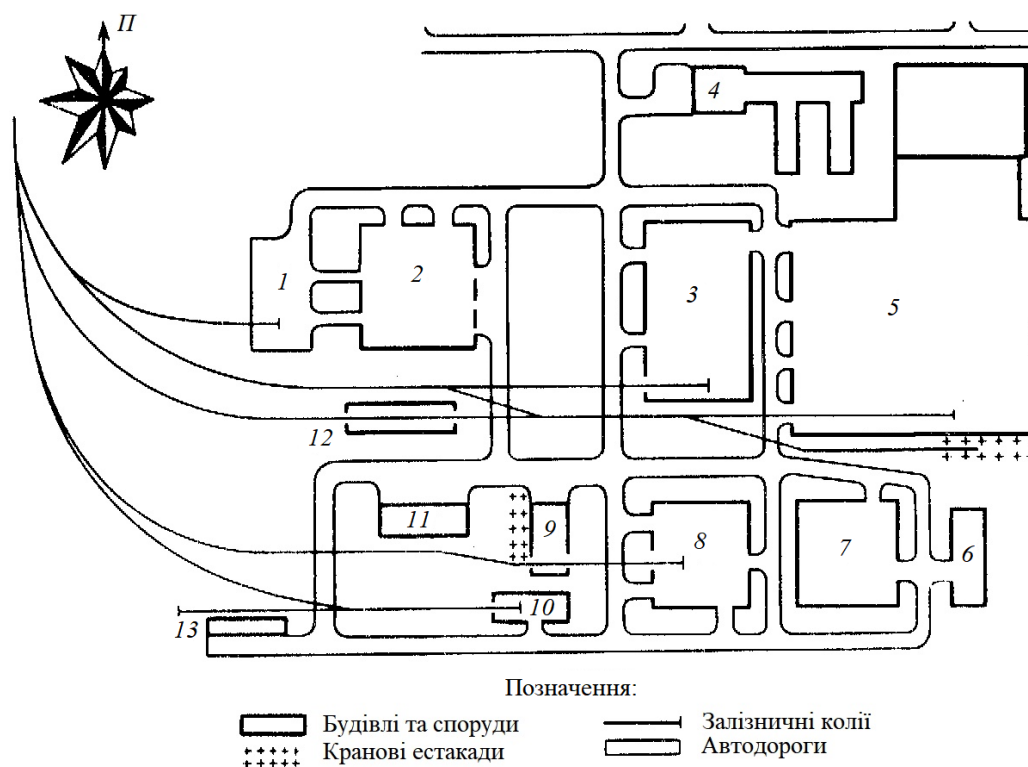
$$K = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\Pi}} , \quad (1.116)$$

де  $S_{3C}$  – площа забудови критими спорудами;

$S_{\Pi}$  – площа ділянки заводу;

$S_{BS}$  – площа використовуваної території з урахуванням відкритих складів, транспортних магістралей та тротуарів;

$S_{\Sigma}$  – сумарна корисна площа будівель з урахуванням поверховості.



1 – склад лісо-пиломатеріалів; 2 – деревообробний корпус з тарним цехом;  
 3 – цех важких верстатів; 4 – інженерно-лабораторний корпус; 5 – головний корпус (з термоконстантним цехом); 6 – склад вузлів і запчастин;  
 7 – корпус допоміжних цехів; 8 – корпус заготівельних цехів; 9 – склад металу й заготовок; 10 – склад виливків і поковок; 11 – головний магазин;  
 12 – склад готової продукції; 13 – склад паливно-мастильних матеріалів

Рисунок 1.76 – Схема генерального плану на прикладі верстатобудівного заводу [7]

Важливими показниками також є питома потужність вантажопотоків (у тонно-кілометрах на 1 га), ступінь об'єднання корпусів (штук на 1 га) та ін. Зазвичай значення коефіцієнта забудови для машинобудівних заводів знаходиться в межах 0,45...0,6 [7].

### **Контрольні питання**

1. Які будівлі використовують при проектуванні виробничих будівель?
2. Класифікація виробничих будівель цехів механоскладального виробництва.
3. Як зображують будівлю в плані на компоновальних планах?
4. У яких будівлях можна планувати розміщення адміністративно-побутових приміщень?
5. Як уточнити площу цеху за детальним плануванням устаткування?
6. У чому суть вибору габаритів цеху?
7. Охарактеризуйте основні вимоги до компоновки виробничих ділянок і підсистем.
8. Основні принципи, які використовують при проектуванні генерального плану машинобудівного підприємства.
9. Охарактеризуйте схему виробництва й місце механоскладального виробництва в генеральному плані заводу.

## 2 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Практична робота 1. Принципи організації цехів у механоскладальному виробництві та їхня класифікація

**Мета роботи:** придбати знання, вміння, навички визначення організації виробництва і класифікації механоскладальних цехів.

**Зміст роботи:** аналіз початкових даних, визначення організації виробництва в цеху, класифікація цеху і визначення методу виробництва.

#### *Початкові дані*

З метою підготовки до дипломного проектування початкові дані приймаються за базовими вихідними даними до теми дипломного проекту. У разі відсутності вихідних даних до теми дипломного проекту початкові дані приймаються за варіантами, які наведені в додатку Ж. Перед виконанням роботи ознайомитися з теоретичним матеріалом пунктів 1.2 та 1.4 посібника.

#### *Порядок виконання роботи*

1. Визначити організацію цеху за вузловою, технологічною і змішаною ознаками.

При організації за вузловою ознакою всі деталі, що складають будь-який вузол (виріб), закріплюють за одним цехом, і в залежності від конструкції виробу в цьому ж цеху виконують складання вузла (виробу). Таку організаційну форму використовують у масовому й великосерійному виробництві.

При організації цехів за технологічною ознакою за цехом закріплюють деталі, що мають конструктивну й технологічну спільність. Таку організаційну форму використовують в одиничному й серійному виробництві, коли деталями одного виробу неможливо завантажити устаткування повністю. Організація цехів за технологічною ознакою дає можливість використати груповий метод обробки деталей.

При організації цехів за змішаною ознакою частину цехів проектують за вузловою, а частину – за технологічною ознакою. Механоскладальні цехи більшості заводів проектують за змішаною ознакою.

2. Провести класифікацію механоскладального виробництва:

а) за характером, конструкцією та масою виробів, користуючись таблицею Б.5 додатку Б;

- б) за серійністю виробництва;
- в) за кількістю встановлених верстатів;
- г) за методом виробництва.

За серійністю розрізняють цехи одиничного, серійного й масового виробництва. Тип виробництва визначають за коефіцієнтом закріплення операцій (див. формулу (1.5)), який відповідає типу виробництва за табл. 1.1.

Результати розрахунків загальної кількості операцій –  $O$  та кількості одиниць технологічного обладнання на дільниці  $C_n$ , що визначають за деталлю-представником на кожну технологічну операцію та вносять до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунків

Номер операції	Найменування операції	Кількість деталей на річну прогр. $N$ , шт.	$T_{шт.к}$ на опер., год	$\sum T_{шт.к}$ на річну програму, год	$C_p$ , шт.	$C_n$ , шт.	$K_{з.ф}$	$K_{з.н}$	$O$ , шт.
Усього:									

Розрахункову кількість верстатів визначають за формулою

$$C = \frac{\sum T_{шт.к}}{P \Phi_0}, \quad (2.1)$$

де  $\Phi_0$  – номінальний річний фонд роботи устаткування, год.

Потім  $C_p$  округлюється до найближчого більшого і є прийнятим ( $C_n$ ).

Коефіцієнт завантаження фактичний

$$K_{з.ф} = \frac{C_p}{C_n}, \quad (2.2)$$

Загальна кількість операцій

$$O = \frac{K_{з.н}}{K_{з.ф}}, \quad (2.3)$$

де  $K_{з.н}$  – нормативний коефіцієнт завантаження.

Загальна кількість верстатів, які встановлено в цеху, визначається як сума типорозмірів (моделей), розрахованих за початковими даними відповідного варіанту.

За методом виробництва розрізняють цехи потокового та непотокового виробництва. Під поточним розуміють таке виробництво, при якому обробка деталей йде безперервно з постійним тактом. При цьому технологічні операції за часом повинні бути рівними або кратними.

### ***Зміст звіту***

1. Мета та зміст роботи.
2. Визначення організаційної форми виробництва механоскладального цеху.
3. Класифікація цеху:
  - за характером продукції;
  - за серійністю;
  - за кількістю встановлених верстатів;
  - за методом виробництва.
4. Висновки.

## **2.2 Практична робота 2. Визначення виробничої програми**

***Мета роботи:*** одержати уявлення про види виробничої програми й розрахувати виробничу програму механоскладального цеху.

***Зміст роботи:*** ознайомитися з видами виробничих програм, методикою їхнього розрахунку, таблицями річних програм механічного цеху та складанням виробничої програми (подетальної та укрупненої), розрахувати приведену програму за початковими даними.

### ***Початкові дані***

Початкові дані приймаються за даними до дипломного проєкту або, у разі їхньої відсутності, за варіантами, які наведені в додатку Ж.

### ***Порядок виконання роботи***

Теоретичний матеріал щодо розрахунку програми цеху дивитися в пункті 1.3.2 «Методи визначення виробничої програми випуску» теоре-



тичного розділу посібника. Приклад відомості для програми (річної) механічного цеху та подетальної річної виробничої програми наведено в додатку В таблиці В.2.

Виконати розрахунок приведеної програми. При цьому необхідно врахувати, що проектування за приведеною програмою проводять у тому випадку, коли частина виробів не забезпечена повністю креслениками та іншими початковими даними, або коли при наявності великої номенклатури подібних за конструкцією виробів немає необхідності розробляти технологічні процеси на всі вироби програми. Користуються цим видом програми переважно для проектування цехів одиничного, дрібно- та середньoserійного виробництва.

*1. Виконати класифікацію виробів за конструкторськими та технологічними ознаками.* Усю номенклатуру виробів цеху поділяють на декілька груп, до кожної з яких входять однотипні за конструкцією і технологією виготовлення вироби (див. табл. В.1).

*2. Визначення номенклатури складальних одиниць, які будуть виготовлятися на дільниці.* У кожній групі виділяють виріб-представник, до якого приводять решту виробів даної групи. При виборі виробу-представника керуються тим, щоб річний випуск його був одним із найбільших у групі, а сам виріб віддзеркалював особливості конструкції і технології виготовлення виробів цієї групи.

Якщо вихідні дані взяті із завдання до кваліфікаційної роботи бакалавра, то деталь-представник – це вже раніше визначена деталь складальної одиниці, наприклад вал, вал-шестерня, зубчасте колесо.

Інші вироби, що будуть виконуватися на дільниці, яка проектується, це:  
– подібні за призначенням та конструкцією вироби, але з іншими типорозмірами;

– подібні за призначенням вироби, але такі, що можуть відрізнятися за конструкцією (наприклад, редуктор черв'ячний та редуктор планетарний або редуктор триступінчатий та інше).

Підібрати не менше двох виробів, крім виробу-представника. Прийняти річну програму за цими виробами за доцільністю їхнього виготовлення.

*3. Розрахунок приведеної програми.* Суть приведення виробів групи до виробу-представника полягає в уподібненні їх до виробу-представника з урахуванням співвідношення за масою, серійністю, складністю механічної обробки та іншими параметрами.

Загальний коефіцієнт приведення визначається за формулою (1.10).

Коефіцієнт  $K_n$  у практичній роботі не враховується.

Коефіцієнт зведення за масою  $K_m$  ураховує різницю в трудомісткості виробів, які мають різні маси, та визначається за формулою (1.11).

Коефіцієнт приведення за серійністю  $K_{сер}$  ураховує зниження трудомісткості при використанні більш досконалого й продуктивного оснащення, підвищення серійності й визначається за формулою (1.13).

Коефіцієнт приведення за складністю  $K_{скл}$  ураховує підвищення трудомісткості виробу, що приводиться, через наявність складних і оригінальних деталей або оригінальних елементів деталей, а також ураховує точність деталей, через точність верстатного обладнання, на якому вони обробляються, і визначається за формулою (1.14).

Зазвичай при підборі виробів до однієї групи об'єднують вироби однакової складності (за конструкцією і механічною обробкою), при цьому приймають, що  $K_{скл} = 1$ .

Таким чином, приведена програма виробу визначається за формулою (1.18). Приклад розрахунку приведеної програми наведено в табл. 2.2.

4. *Розрахунок програми запуску.* Після визначення виробничої програми (точної, приведеної або умовної) необхідно підрахувати річну програму з урахуванням кількості деталей, що йдуть на запасні частини та на налагодження верстатів, і можливий брак при виробництві.

Річна програма запуску цеху (дільниці) визначається за формулою (1.19).

*Таблиця 2.2 – Приклад розрахунку приведеної програми*

Задана програма			Приведена програма					Приведена кількість виробів (дет.), шт.
Виріб (деталь)	Кількість виробів (дет.), шт.	Маса виробу (дет.), кг	Представник (виріб, дет.)	$K_m$	$K_{сер}$	$K_{скл}$	$K$	
Домкрат гідравлічний в/п:			Домкрат гідравлічний в/п					
тс:5	400	10,7	10 тс	0,77	1,25	1	0,96	385
тс:10	2 000	16		1	1	1	1	2 000
тс:15	1 000	20		1,16	1,12	1	1,3	1 300
Усього	3 400							3 685

### **Зміст звіту**

1. Мета та зміст роботи.
2. Розрахунок приведеної програми (див. табл. 2.2).

3. Розрахунок програми запуску.

4. Висновки.

### **2.3 Практична робота 3. Визначення проєктної верстатомісткості та трудомісткості складання виробу**

**Мета роботи:** отримати уявлення про методи розрахунку проєктної верстатомісткості механічної обробки деталей та складання виробу.

**Зміст роботи:** ознайомитися з методами розрахунку; розрахувати проєктну верстатомісткість.

#### ***Початкові дані***

Початкові дані приймаються за даними до дипломного проєкту або, у разі їхньої відсутності, за варіантами, які наведені в додатку Ж.

#### ***Порядок виконання роботи***

1. Ознайомитися з методами визначення трудомісткості та верстатомісткості виробів у машинобудуванні в підрозділі 1.3.3 теоретичної частини посібника.

2. Виконати розрахунок проєктної верстатомісткості за техніко-економічними показниками.

2.1. Зі специфікації до складальної одиниці визначити деталі виробу-представника, що планують виконувати на механічній дільниці, яка проєктується, класифікувати деталі згідно з конструкторсько-технологічними ознаками. Заповнити колонку 1 у таблиці 2.3.

2.2. Визначити кількість однакових деталей за специфікацією до виробу. Заповнити колонку 2 в таблиці 2.3.

2.3. Вписати масу деталі зі специфікації до виробу. Заповнити колонку 3 в таблиці 2.3.

2.4. У колонку 4 таблиці 2.3 вписати верстатомісткість деталі-представника, яку визначити за базовим технологічним процесом до деталі-представника за формулою

$$T_{д.пр} = \sum_{i=1}^k (t_{умi} + t_{н.зi} / n_{min}), \quad (2.4)$$

де  $t_{um_i}$  – штучний час обробки деталі представника на  $i$ -й операції технологічного процесу;

$t_{n.zi}$  – підготовчо-заклучний час обробки деталі на  $i$ -й операції технологічного процесу;

$k$  – загальна кількість верстатних операцій технологічного процесу;

$n_{\min}$  – мінімальний розмір партії деталей (прийняти середню мінімальну партію серед операцій технологічного процесу):

$$n_{\min} = \frac{t_{n.z}(1-\alpha)}{t_{um}\alpha}, \quad (2.5)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт допустимих витрат часу на переналагодження обладнання. Значення коефіцієнта  $\alpha$  знаходяться в межах 0,02...0,12 і залежать від собівартості одиниці продукції і типу виробництва: великосерійне – 0,02...0,05; середньосерійне – 0,03...0,08; дрібносерійне – 0,05...0,12.

2.5. Розрахувати питому верстатомісткість  $t$  деталі-представника та питому верстатомісткість інших деталей виробу  $t_x$  (див. формулу (1.31)), заповнити колонку 5 у таблиці 2.3.

2.6. Розрахувати проектну верстатомісткість для кожної деталі (див. формулу (1.30)), яка буде виготовлятися на дільниці, заповнити колонку 6 у таблиці 2.3.

2.7. Розрахувати сумарну річну верстатомісткість за приведеною програмою (приведена програма визначена в практичній роботі 2) для кожної деталі виробу-представника, яка буде виготовлятися на дільниці, заповнити колонку 7.

2.8. Перерахувати сумарну верстатомісткість у верстатомісткість у людино-годинах для деталі-представника та на приведену програму, заповнити рядки 1 та 2 в таблиці 2.3.

2.9. Розрахувати трудомісткість ручних робіт складальної одиниці та її трудомісткість на приведену програму, заповнити рядок 3 в таблиці 2.3.

2.10. Розрахувати трудомісткість вузлового та загального складання (див. таблиці В.7 та В.8 додатку В), заповнити рядок 4 в таблиці 2.3.

2.11. Розрахувати сумарну трудомісткість (людино-год):

$$T_{\Sigma} = T_{л.год} + T_p + T_{ск.в} + T_{ск.з}, \quad (2.6)$$

де  $T_{л.год}$  – трудомісткість, людино-год;

$T_p$  – трудомісткість ручних робіт, людино-год;

$T_{ск.в}$  – трудомісткість вузлового складання, людино-год;

$T_{ск.з}$  – трудомісткість загального складання, людино-год.

Перекласти сумарну трудомісткість (людино-год) в нормо-години, заповнити рядок 5 у таблиці 2.3.

3. Виконати розрахунок проектної верстатомісткості методом укрупненого нормування.

3.1. Визначити галузь виробництва базового виробу.

3.2. Виписати з табл. В.4 або В.5 додатку В орієнтовну верстатомісткість 1 т виробів у верстато-годинах ( $T_n$ ).

3.3. Розрахувати загальну верстатомісткість складальної одиниці на річну та на приведену програму:

$$T_{\Sigma} = T_n \cdot M_e \cdot N, \quad (2.7)$$

де  $M_e$  – маса виробу-представника;

$N$  – річна програма виробу-представника або приведена програма.

### **Зміст звіту**

1. Мета та зміст роботи
2. Розрахунок проектної верстатомісткості за техніко-економічними показниками (таблиця 2.3) та трудомісткості (таблиця 2.4)
3. Розрахунок проектної верстатомісткості методом укрупненого нормування
4. Висновки

*Таблиця 2.3 – Розрахунок проектної верстатомісткості виготовлення виробу-представника (приклад)*

Найменування деталі з виробу-представника	Кількість однакових деталей у виробі-представнику	Маса деталі, т	Верстатомісткість готового виробу (деталі-представника), верстато-год	Питома верстатомісткість $t_x$	Проектна верстатомісткість $T_x$ верстато-год	Проектна річна верстатомісткість виробу за річною програмою, верстато-год	Проектна річна верстатомісткість виробу за приведеною програмою, верстато-год
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Тіла обертання</b>							
Деталь – представник: вал-	1	0,048	23,2	483,33	23,2	7 378	–

<b>шестерня</b>							
Вал	1	0,07	–	400,24	28,0	8 909	–
Втулка	3	0,005	–	497,55	7,5	2 381	–
...			–	483,33	23,2	7 378	–

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Корпусні деталі</b>							
<b>Деталь – представник: корпус</b>	1	0,15	78,9	526,00	78,9	15 090	–
Кришка корпусу	1	0,11	–	614,24	67,6	11 486	–
...			–				–
<b>Загальна верстатомісткість, верстатогод</b>	–	–	–	–	890	<b>133 020</b>	<b>305 000</b>

Таблиця 2.4 – Розрахунок проектної трудомісткості виготовлення виробу-представника (приклад)

Трудомісткість за видами робіт	Розрахункова залежність	Приклад розрахунку
Сумарна трудомісткість, людино-год	$T_{\text{люд.год}} = T_{\text{вер.г}} / K_b$	133 020 / 1,2 = 110 850
Сумарна трудомісткість на приведену програму, людино-год		305 000 / 1,2 = 254 166
Трудомісткість ручних робіт на вироб-представник та на приведену програму $T_p$ (розміточних, миття, слюсарних), людино-год	10–15% от верстатомісткості (у дрібносерійному), 5–10% (у середнесер.), 3–6% (великосер., масове)	13 302 / 25 416
Трудомісткість складання: Вузлове складання $T_{\text{ск-в}}$ Загальне складання $T_{\text{ск-з}}$	10 %–15% от верстатомісткості (у дрібносерійному) 60–70% от верстатомісткості (у дрібносерійному)	13 302 / 25 416 79 812 / 183 000
Сумарна трудомісткість $T_{\Sigma}$ , людино-год	–	217 266/487 998

Сумарна трудомісткість $T_{\Sigma н-г}$ , нормо-год	$T_{н.г} = T_{люд.г} \cdot K_{пер}$ $K_{пер} = 1,1$	389 194/536 797
--	--	-----------------

## 2.4 Практична робота 4. Визначення кількості основного виробничого обладнання

**Мета роботи:** отримати уявлення про способи розрахунку основного виробничого обладнання й розрахувати його потрібну кількість.

**Зміст роботи:** ознайомитися з методами розрахунку основного виробничого обладнання, розрахувати основне виробниче обладнання цеху.

### Початкові дані

Проектна верстатомісткість для непотокового виробництва приймається за даними розрахунків практичної роботи 3 (таблиця 2.3, стовпчик 7 або 8), для потокового виробництва штучний час по операціях технологічного процесу приймається за таблицею 2.1.

### Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з теоретичним матеріалом, який викладено в пункті 1.3.5 посібника.

2. Виконати розрахунок основного технологічного обладнання для непотокового виробництва одним із укрупнених методів.

2.1. Цей метод розрахунку використовують, якщо є розподіл загальної трудомісткості за типами обладнання (технологічних операцій).

Верстати розміщують за видами обладнання або в послідовності технологічних операцій, деталі оброблюють партіями, і час виконання одних операцій не залежить від часу виконання інших операцій. Розрахунок необхідної кількості верстатів виконують по кожному їхньому типорозміру.

Розрахункова кількість верстатів певного типорозміру

$$C_p = \frac{T_{np}}{\Phi_{0 пер} K} , \quad (2.8)$$

де  $T_{np}$  – проектна верстатомісткість, нормо-год;

$K_{nep}$  – коефіцієнт, що враховує можливе перевиконання норм робітником на певній операції, зазвичай  $K_{nep} = 1,1 \dots 1,2$  (у великосерійному та масовому виробництві не враховується);

$\Phi_0$  – ефективний (розрахунковий) фонд часу роботи обладнання, год. (див. табл. В.9 додатку В).

Одержану кількість верстатів  $C_p$  округлюють до цілого числа, яке і є прийнятою кількістю верстатів  $C_n$  цього типорозміру.

2.2. Розрахунок використовується для проектування в дрібносерійному та одиничному виробництві. Його основна перевага – відносно невелика трудомісткість.

Кількість технологічного обладнання визначають за верстатомісткістю, що розрахована одним з укрупнених методів (див. практичне заняття 3):

$$C_p = \frac{T}{\Phi_0 K_{з.сер}}, \quad (2.9)$$

де  $T$  – верстатомісткість річного випуску деталей усіх виробів за програмою цеху, верстато-год.;

$K_{з.сер}$  – середній коефіцієнт завантаження:

$K_{з.сер} = 0,65 \dots 0,7$  – для великосерійного, масового виробництва;

$K_{з.сер} = 0,8 \dots 0,85$  – для серійного виробництва;

$K_{з.сер} = 0,85 \dots 0,9$  – для дрібносерійного та одиничного виробництва.

Іноді під час розрахунку  $C_n$  використовують питому верстатомісткість 1 тонни маси виробів:

$$C_p = \frac{t_x Q_x N_x}{\Phi_0 K_{з.сер}}, \quad (2.10)$$

де  $t_x$  – питома верстатомісткість 1 тонни виробів;

$Q_x$  – маса виробу, який виробляється на дільниці, т;

$N_x$  – річний випуск виробу, шт.

Для визначення складу устаткування  $C_n$  розподіляють по групах і типах. Одержану кількість верстатів  $C_p$  округлюють до цілого числа, яке і є прийнятою кількістю верстатів  $C_n$  певного типорозміру. При виконанні практичної роботи для розподілу верстатів по групах використати таблицю В.10 додатку В.

3. Визначити коефіцієнт завантаження технологічного обладнання.

Ступінь завантаження верстатів окремих типорозмірів характеризується коефіцієнтом завантаження обладнання за формулою (1.43). А за-



вантаження в цілому по дільниці або цеху – середнім коефіцієнтом завантаження обладнання за формулою (1.44).

Завантаження технологічного обладнання по цеху або виробничій дільниці вважається нормальним, якщо результат отримано в діапазоні: для одиничного та дрібносерійного виробництва –  $K_{з.сер} = 0,8...0,9$ ; для серійного –  $K_{з.сер} = 0,75...0,85$ ; для великосерійного та масового –  $K_{з.сер} = 0,65...0,75$  (див. табл. 1.5).

Розрахунок основного устаткування для непотокового виробництва оформлюють у вигляді розрахункової відомості (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Розрахунок технологічного обладнання для непотокового виробництва

№	Найменування	Технологічне обладнання (верстати)						
		Токарні			.....		.....	
		М	С	В	....	...	...	...
1	Проектна верстатомісткість $T_{пр}$							
2	$C_p$							
3	$C_n$							
4	$K_3$							
5	$K_{з.сер}$							

Накреслити графік завантаження обладнання за прикладом (див. рис. 2.1).

4. Розрахувати устаткування для потокового виробництва. Верстати розміщені в послідовності технологічного процесу, і операції синхронізовані за часом, тобто обробку деталей виконують на потоковій лінії. Розрахунок ведеться по кожній операції за формулою (1.50).



Рисунок 2.1 – Графік завантаження обладнання

Такт випуску потокової лінії визначається за формулою (1.46), хв.

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_0}{N_x}, \quad (2.11)$$

де  $\Phi_0$  – дійсний річний фонд часу роботи верстата у дві зміни, год.;  
 $N_x$  – річний випуск деталей за приведеною програмою (див. табл. 2.2), шт.

Розрахункову кількість верстатів  $C_p$  округлюють, як і в попередньому випадку, одержують  $C_n$ . Загальна кількість верстатів потокової лінії

$$C_{n\Sigma} = \Sigma C_n. \quad (2.12)$$

Коефіцієнти завантаження визначають аналогічно, як і в попередньому методі. Розрахунки зводять до таблиці 2.5.

Накреслити графік завантаження устаткування за прикладом (рис. 2.4).

Таблиця 2.6 – Розрахунок технологічного обладнання для потокового виробництва

№	Найменування	Деталь-представник – вал						Загальна кількість верстатів
		Група обладнання: токарна		Фрезерна				
		м	с	м	с	м	с	

1	Проектна верстатомісткість, хв.							
2	$\tau$							
3	$C_p$							
4	$C_n$							
5	$K_3$							
6	$K_{з.сер.}$							

### ***Зміст звіту***

1. Мета та зміст роботи.
2. Розрахунок потрібної кількості устаткування:
  - для непотокового виробництва (табл. 2.5);
  - для потокового виробництва (табл. 2.6);
4. Графіки завантаження устаткування для потокового та непотокового виробництва.
5. Висновки.

### **2.5 Практична робота 5. Визначення кількості працівників**

***Мета роботи:*** отримати уявлення про методи розрахунку кількості працівників у механоскладальних цехах і розрахувати необхідну кількість працівників у цеху.

***Зміст роботи:*** ознайомитися з методами розрахунку працівників у цеху, розрахувати категорії працівників у цеху.

#### ***Початкові дані***

Прийнята кількість верстатів за типорозмірами на кожній операції технологічного процесу (практичне заняття 4, табл. 2.5).

#### ***Порядок виконання роботи***

1. Ознайомитися з тим, на які групи розподіляють працівників у виробничому цеху (див. пункт 1.1.3 теоретичної частини). У практичній роботі розрахувати кількість:
  - виробничих (основних) робітників – верстатників, слюсарів, що виконують виготовлення виробів виробничої програми;

– допоміжних робітників, що безпосередньо не беруть участі у виготовленні продукції, але забезпечують роботу виробничих робітників – ремонтників, наладчиків, транспортних робітників, комірників, контролерів, наладчиків нового устаткування та ін.;

- інженерно-технічних працівників (ІТП);
- службовців, лічильно-контрорський персонал (ЛКП);
- молодший обслуговуючий персонал (МОП).

2. Ознайомитися з методами розрахунку кількості виробничих робітників (див. пункт 1.3.6 теоретичної частини).

2.1. Виконати розрахунок за формулою (1.56), використовуючи табл. В.12 «Ефективний розрахунковий фонд часу робітників» та табл. В.4 «Значення коефіцієнта багатостатного обслуговування» додатку В.

2.2. Розрахувати кількість розмітників і слюсарів для виконання міжопераційних робіт, яких визначають за загальною трудомісткістю розмічувальних і слюсарних робіт, що приймають для укрупнених розрахунків у відсотках від трудомісткості верстатних робіт:

$T_p = (1 \dots 3) \%$  – для масового, великосерійного виробництва;

$T_p = (3 \dots 5) \%$  – для дрібносерійного, серійного виробництва;

$T_p = (5 \dots 7) \%$  – для одиничного виробництва.

Визначити трудомісткість для розмітників та слюсарів від загальної верстатомісткості, яка отримана в практичній роботі 3 (див. табл. 2.3). Розрахувати кількість зазначених робітників за формулою (1.54).

Прийняту кількість робітників розподіляють за змінами таким чином, щоб у першій зміні працювало все устаткування з повним завантаженням.

3. Виконати розрахунок кількості допоміжних робітників (див. пункти 1.4–1.9 теоретичної частини) укрупненим методом (табл. 2.7). Кількість допоміжних робітників визначають у відсотках від кількості виробничих робітників:

$P_{дон} = 35 \dots 50 \%$  – у масовому виробництві;

$P_{дон} = 18 \dots 25 \%$  – у серійному виробництві;

$P_{дон} = 10 \dots 15 \%$  – у одиничному виробництві.

Таблиця 2.7 – Відомість про кількість виробничих робітників

Професія	Кількість верстатів $C_n$ , шт.	Річна верстатомісткість $T$ , г	Коефіцієнт багатостатн. обслуговування $K_b$	Кількість робітників		У тому числі по змінах		
				$P_{розр}$	$P_{пр}$	1	2	3
Токарі								
Карусельники								
Фрезерувальники								
Свердлувальники								

.....								
.....								
.....								
Розмітники								
Слюсарі								
<b>Підсумок виробничих робітників</b>								

4. Виконати розрахунок кількості ІТП, ЛКП, МОП.

Чисельність ІТП (програмісти, математики, наладчики):

1) у масовому й серійному виробництві –  $P_{ІТП} = 7...10\%$  від загальної кількості основних робітників  $P_{заг}$  по цеху (у цехах з автоматами й верстатами з ЧПК –  $P_{ІТП} = 9...12\%$  від  $P_{заг}$ );

2) у дрібносерійному й одиничному виробництві –  $P_{ІТП} = 9...12\%$  від  $P_{заг}$ .

Кількість ЛКП (старший бухгалтер, діловоди, табельники, обліковці):  $P_{РКП} = 4...5\%$  від  $P_{заг}$ .

Кількість МОП (прибиральники, гардеробники, кур'єри):  $P_{МОП} = 2...3\%$  від  $P_{заг}$ .

Розрахунки по усіх категоріях працівників заносять до відомості робітників цеху за категоріями (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Відомість працівників цеху за категоріями

Групи працівників	Кількість, осіб
Виробничі робітники: верстатники слюсарі, розмітники	
Підсумок виробничих робітників $P_v$	
Допоміжні робітники $P_d$	
Підсумок робітників $P_{заг}$	
ІТР РКП МОП	
Усього працюючих $P_{\Sigma}$	

### Зміст звіту

1. Мета та зміст роботи.
2. Розрахунок загальної кількості виробничих працівників цеху.
3. Розрахунок кількості виробничих робітників за професіями (табл. 2.6).

4. Розрахунок кількості допоміжних робітників.
5. Розрахунок кількості ІТП, РКП, МОП.
6. Відомість працівників цеху за категоріями (табл. 2.7).
7. Висновки.

## 2.6 Практична робота 6. Визначення площі цеху

**Мета роботи:** отримати уявлення про методи розрахунку виробничої та загальної площі цеху й розрахувати виробничу площу.

**Зміст роботи:** ознайомитися з методами розрахунку виробничої площі та площі, що зайнята під допоміжні відділення й службово-побутові приміщення цеху; розрахувати основну виробничу площу цеху.

### *Початкові дані*

Прийнята кількість верстатів за типорозмірами (див. практичну роботу 4, табл. 2.4) і питома виробнича площа на один верстат.

### *Порядок виконання роботи*

1. *Розрахувати виробничу площу ділянки.* Площу механічного цеху поділяють на виробничу, допоміжну й площу, що зайнята під службово-побутові приміщення. Виробничою площею вважають площу, що відведена під верстати, верстаки, стенди для міжопераційного складання, розмічувальні та контрольні плити, місце для майстра, проходи та проїзди поміж рядами верстатів, площі складування заготовок біля верстатів, транспортні й вантажопідйомні засоби.

Розмір виробничої площі визначають точним та укрупненим методами. Виробнича площа при точному методі розраховується на основі плану розміщення всього устаткування, робочих місць, підйомно-транспортних та інших пристроїв, проїздів та проходів:

$$S_n = B \cdot L = B \cdot n \cdot t, \quad (2.13)$$

де  $B$  – ширина ділянки;

$L$  – довжина ділянки;

$t$  – крок колон;

$n$  – кількість кроків.

Показником, що визначає доцільність використання виробничої площі, є питома площа (площа, що припадає на один верстат)

$$s_{num.o} = \frac{S_o}{n}, \quad (2.14)$$

де  $s_{num.o}$  – питома площа, м<sup>2</sup>;

$S_o$  – виробнича (основна) площа, м<sup>2</sup>;

$C_n$  – прийнята кількість верстатів, шт.

Після визначення  $s_{num.o}$ , порівнюючи її величину з нормативною, можна зробити висновок про доцільність використання виробничої площі. Чим більша  $s_{num.o}$ , тим краще.

При укрупненому розрахунку виробничу площу визначають за питомою виробничою площею, що припадає на один верстат, при більш укрупненому – за питомою загальною площею, що припадає на один верстат.

Величина питомої площі залежить від характеру виробництва, габаритних розмірів прийнятого устаткування й особливостей планування. Ці показники для укрупнених розрахунків приймають за даними підприємства. Виробнича (основна) площа може бути також розрахована укрупнено:

$$S_o = \sum C_n \cdot s_{num.o}, \quad (2.15)$$

де  $C_n$  – прийнята кількість верстатів (за типорозмірами), шт.;

$s_{num.o}$  – питома виробнича площа (див. пункт 1.4.2 посібника), м<sup>2</sup>.

2. *Розрахувати допоміжні площі.* Допоміжну площу приймають укрупнено у відсотках від усієї виробничої площі, при цьому визначають загальну площу допоміжних відділень

### 2.1. *Площа заточувального відділення*

Площу заточувального відділення приймають:

$S_{з.в} = 8 \dots 10$  м<sup>2</sup> – для цехів із дрібним устаткуванням (на 1 основний верстат відділення);

$S_{з.в} = 12 \dots 14$  м<sup>2</sup> – для цехів із великим устаткуванням (на 1 основний верстат відділення).

Потрібну кількість основних верстатів заточувального відділення в середньому приймають у розмірі 4...6 % від кількості основного устат-

кування, що обслуговують заточуванням (див. пункт 1.7.3 теоретичної частини). Загальна площа відділення включає площу, що зайнята устаткуванням, сортувально-зворотний пункт, ВТК, комору інструменту й приладів, приміщення для майстра й технолога.

### 2.2. Площа відділення ремонту інструменту й оснащення

Загальну площу відділення ремонту інструменту й оснащення визначають за нормою (див. пункт 1.7.3 теоретичної частини):

$S_{p.i} = 20 \dots 22 \text{ м}^2$  – при дрібних виробках, що випускає цех;

$S_{p.i} = 22 \dots 24 \text{ м}^2$  – при середніх виробках, що випускає цех;

$S_{p.i} = 24 \dots 26 \text{ м}^2$  – при великих виробках, що випускає цех.

### 2.3. Площа інструментально-роздавальної комори (ІРК)

Площу ІРК розраховують за нормою питомої площі на один виробничий верстат за умови двозмінної роботи (табл. 2.9): менше значення – для малих верстатів, більше – для великих (див. пункт 1.7.2 теоретичної частини).

### 2.4. Площа ремонтного відділення

Загальну площу цехової ремонтної бази (ЦРБ) розраховують за загальною питомою площею на одиницю основного устаткування (табл. 2.10).

Таблиця 2.9 – Норми для розрахунку площі комор [20]

Комори	Об'єкти зберігання	Норма площі на один виробничий верстат за умови двозмінної роботи, м <sup>2</sup>			
		Масове	Велико-серійне	Серійне	Дрібно-серійне, одиничне
ІРК	Різальний та допоміжний інструмент	0,1...0,2	0,2...0,6	0,25...0,7	0,4...0,9
	Вимірювальний інструмент	0,1...0,2	0,1...0,2	0,15...0,3	0,3...0,5
	Різальний, допоміжний, вимірювальний інструмент	0,2...0,3	0,3...0,8	0,4...1,0	0,7...1,4
Пристроїв	Пристрої для встановлення деталей	0,15...0,2	0,25...0,6	0,35...0,9	0,6...1,2
Інструментального	Пристрої та усі види інструменту	0,35...0,5	0,55...1,4	0,75...1,9	1,3...2,6



оснащення					
-----------	--	--	--	--	--

Таблиця 2.10 – Норми для розрахунку площі ремонтного відділення [32]

Кількість одиниць основного устаткування	3...6	7...10	11...15	Понад 16
Середня загальна площа на одиницю основного устаткування, м <sup>2</sup>	31...32	29...30	27...28	27
У тому числі площа складу запасних частин, м <sup>2</sup>	4	3,5	3	2

2.5. Площа складських відділень цеху (див. пункт 1.5.3 теоретичної частини)

Площу складських відділень цеху найбільш точно визначають шляхом планування. Більш укрупнено площу складу можна підрахувати за формулою (1.63). Типові норми для розрахунку площі складів за вищевказаною формулою зведено в таблицю Д.2 додатку Д. Значення  $K$  можна прийняти:  $K = 0,25...0,3$  – обслуговування підлоговим транспортом [9];  $K = 0,35...0,4$  – обслуговування верхнім транспортом, штабелерами [9].

Найбільш укрупнено загальну  $S_{скл}$  можна знайти за формулами (1.65)–(1.66).

2.6. Площа відділення мастильної та охолоджувальної рідини (МОР)

Площу відділення МОР (див. пункт 1.8.4 теоретичної частини) розраховують укрупнено в залежності від кількості виробничого устаткування (табл. 2.11).

Таблиця 2.11 – Площа відділення МОР [20]

Кількість одиниць устаткування цеху $C_n$ , шт.	30...60	61...100	101...200	201...300	301...400
Площа відділення МОР, м <sup>2</sup>	35...40	40...50	50...70	75...100	100...200

2.7. Площа складу мастил

Площа складу мастил визначається укрупнено  $S_{скл.м} = 10...20$  м<sup>2</sup> [20].

2.8. Площа відділення збирання й перероблення стружки (див. пп. 1.8.3 теоретичної частини)

Площу відділення збирання й перероблення стружки визначають укрупнено в залежності від кількості виробничого устаткування  $C_n$  (табл. 2.12).

Таблиця 2.12 – Площа відділення збирання й перероблення стружки [20]

Кількість верстатів $C_n$ , шт.	До 60	61...100	101...200	201...300	301...400
$S_{пер.сгр.}, м^2$	65...75	75...85	85...105	110...125	130...180

2.9. Площа контрольного відділення (див. пп. 1.9.2 теоретичної частини)

Найбільш точно площу контрольного відділення й пунктів можна визначити шляхом планування всіх робочих місць контролерів, устаткування та інвентарю.

Укрупнено визначаємо за залежністю [9]

$$S_{KB} = (5 - 6)м^2 \cdot P_k \cdot K, \quad (2.16)$$

де  $P_k$  – кількість контролерів. Приймають із розрахунку, що один контролер обслуговує 10...14 металорізальних верстатів;

$K = 1,5...1,75$  – коефіцієнти на розміщення устаткування, інвентаря, проходів.

Або площу під контрольні відділення визначають за залежністю

$$S_{KB} = (3 - 5)\% \cdot S_o, \quad (2.17)$$

Площадки для контрольних пунктів приймають –  $2 \times 2$  м або  $2,5 \times 2,5$  м.

3. Визначити площу під магістральні проїзди. Площу приймають як 12...15 % від площі всіх відділень і дільниць цеху.

4. Скласти відомість площ цеху.

Розраховані площі дільниць, відділень та служб приводять до спільної відомості за нижченаведеною формою (табл. 2.13).

Таблиця 2.13 – Відомість площ цеху

№	Найменування дільниць, відділень та служб цеху	Площа, м <sup>2</sup>

## *Зміст звіту*

1. Мета та зміст роботи.
2. Розрахунок виробничої площі. Розрахунок допоміжної площі.
3. Розрахунок площі під магістральні проїзди.
4. Відомість площ цеху. Вибір сітки колон уніфікованих секцій виробничої будівлі цеху.
5. Висновки.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. **Когут, М. С.** Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні : підручник / М. С. Когут. – Львів : Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 352 с.

2. **ДСП 173–96.** Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. [Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19 червня 1996 р. № 173].

11. **ДБН А.2.2–3:2014.** Склад та зміст проектної документації на будівництво. – На заміну ДБН А.2.2–3:2012; набрання чинності 2014–10–01. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 31 с. (Нормативний документ у галузі будівництва й промисловості будівельних матеріалів Мінрегіону України)

12. **ДБН А.2.1–1–2008.** Інженерні вишукування для будівництва. – Замість СНіП 1.02.07–87; набрання чинності 2008–07–01. – Київ : Мінрегіон України, 2008. – 74 с. (Нормативний документ у галузі будівництва й промисловості будівельних матеріалів Мінрегіону України).

13. **ДСТУ–Н.Б.В.1.2–16 – 2013.** Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва. – Уведено вперше; набрання чинності 2013–14–05. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 40 с. (Національний стандарт України).

14. **ДБН А.3.1–5:2016.** Організація будівельного виробництва. – На заміну ДБН А.3.1–5–2009; набрання чинності 2016–05–08. – Київ : Мі-

ністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. – 49 с. (Нормативний документ у галузі будівництва 1 промисловості будівельних матеріалів Мінрегіону України).





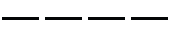

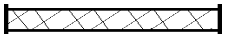
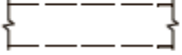


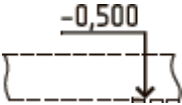



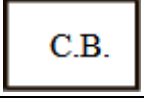

24. **ДСТУ Б А.2.4–10:2009.** Правила виконання специфікації обладнання, виробів і матеріалів. – На заміну ДСТУ Б А.2.4–10–95 (ГОСТ 21.110–95); введ. 2010–01–01. – Київ : Мінрегіонального розвитку та будівництва України, 2009. – 7 с.

25. **ДСТУ Б В.1.1–36:2016.** Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою. – Уведено вперше (зі скасуванням в Україні НАПБ Б.03.002–2007 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою); введ. 2017–01–01. – К. : Мінрегіон України, 2016. – 34 с.

35. **Пістун, І. П.** Охорона праці в галузі машинобудування : навч. посібник / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. – Суми : Університетська книга, 2011. — 557 с.

**Додаток А**  
**УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТА ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ**  
**КОМПУНУВАЛЬНИХ ТА ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ**

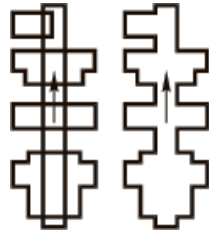
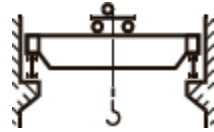

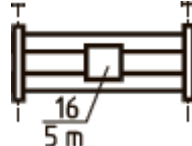

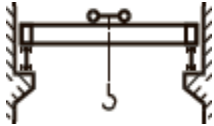
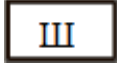
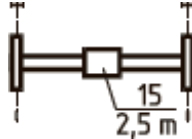
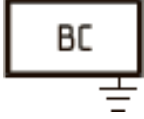
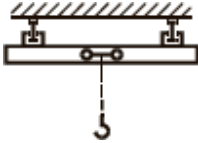
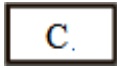
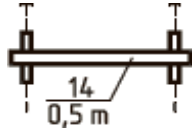

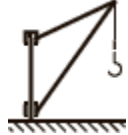



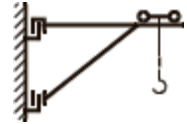
*Таблиця А.1 – Умовні позначення, що застосовуються на компонувальних планах і планувальних рішеннях механічних і складальних цехів*

Найменування	Умовне позначення	Найменування	Умовне позначення
1	2	3	4
<b>Будівельні елементи</b>			
<b>Компонувальні плани</b>		<b>Плани розміщення обладнання</b>	
Капітальна стіна		Капітальна стіна	
Легкі перегородки всіх типів		Суцільна перегородка до низу ферми або до стелі	
Прорізи дверні для всіх стін		Перегородка зі світлопрозорих матеріалів	
Умовна межа цеху (відділення, дільниці), без перегородок		Перегородка із сіткою	
Колона будівлі		Перегородка збірна щитова	
Антресолі, вентиляційні камери та майданчики		Звукоізолювальна перегородка	
Проїзд, прохід		Колона металева	
Підвал із позначкою рівня підлоги (штрихування необов'язкове)		Колона залізобетонна	
Тунель, канал із позначкою рівня підлоги		Колона з фундаментом для умов розміщення поруч обладнання з індивідуальним фундаментом	
Контрольний пункт		Проріз у стіні, перегородці, який не доходить до підлоги	
Залізнична колія (тупикове введення)		Проріз у стіні, перегородці, який доходить до підлоги	
Санітарний вузол		Вікно	

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
Центральний розподільний пункт, трансформаторні підстанції		Двері (ворота) одностворчаті (чисельник – висота, знаменник – ширина, вказуються в разі потреби)	
Щит керування		Розсувні двері й ворота	
Шафа керування		Двостворчаті двері (ворота)	
Пульт керування		Теплова завіса	
Вентилятор		Сходи в плані	
Аптечка медична		Сходи металеві похилі в плані	
<b>Основні й допоміжні робочі місця, основне й допоміжне обладнання</b>		Ляд	
Технологічне обладнання (верстат № за планом) без фундаменту		Колодязь, ляд, накритий решіткою	
		Трап	
Технологічне обладнання (верстат № за планом з індивідуальним фундаментом)		<b>Підйомно-транспортне обладнання</b>	
Місце робочого (500 мм у масштабі кресленника) та місце робочого біля верстата		Зона дії вантажопідйомної машини в розрізах	
Місце робочого при багатOVER-статному обслуговуванні		Теж саме на планах	

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
Автоматичні лінії		Кран мостовий двобалочний на розрізі	
Диспетчерський пульт керування цеховий і дільничний		Кран мостовий двобалочний на плані	
ПР – плита розмічальна; ПК – плита контрольна		Кран мостовий однобалочний опорний на розрізі	
Ш – шафа; ШН – шафа налагодчика; ШІ – шафа інструментальна		Кран мостовий однобалочний опорний на плані	
Верстат слюсарний: ВМ – верстак складальника (монтажний); ВЗ – верстак зварника		Кран підвісний однобалочний з електроталю (кран-балка) на розрізі	
С – стіл; СП – стіл приймальний; СК – стіл контролера; Т – тумбочка		Кран підвісний однобалочний з електроталю (кран-балка) на плані	
Стілець		Кран консольний на колоні на розрізі	
Стелаж багатоярусний однорядний		Кран консольний на колоні на плані	
Канал для транспортування стружки		Кран консольний настінний на розрізі	




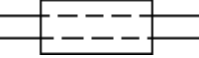

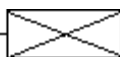









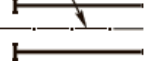
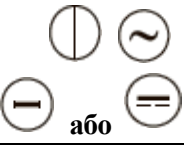





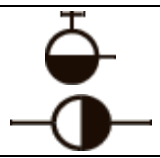

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
Місце (на підлозі, що не обгороджене) складування заготовок, деталей, вузлів		Кран консольний настінний на плані	
Резервне місце під обладнання	РМ	Кран консольний пересувний на розрізі	
Кафедра майстра і нормувальника (місце майстра)		Кран консольний пересувний на плані	
Кабіна майстра і контролера		Кран-штабелер стелажний	
Електрична піч опору		Кран консольний поворотний з електроталлю	
Індукційна електрична піч		Таль електрична на монорейці	
Кабіна зварювальна металева		Таль ручна на монорейці	
Тара ящикова: із заготовками, із напівфабрикатами, із готовими виробами		Конвеєр підвісний із зазначенням його довжини і позначки від рівня підлоги в метрах	
Тара ящикова для відходів		Ділянка підйому і спуску підвісного конвеєра в плані з відміткою висоти	




Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
Решітка під ноги		Зона навішування і знімання деталей із конвеєра, натяжна станція, кутовий привод	
Інструмент підвісний на монорейці електричний		Конвеєр (транспортёр) стрічковий	
Інструмент підвісний на монорейці пневматичний		Конвеєр роликів невідведений (рольганг) однорядний	
Скребок транспортёр для видалення стружки		Конвеєр роликів невідведений (рольганг) дворядний	
Шнековий транспортёр для видалення стружки		Конвеєр пластинчастий	
Стружкодробарка		Конвеєр роликів відведений	
<b>Промислові підводи</b>		Конвеєр візковий	
Вода, вода зворотна		Скат, сковзало, жолоб	
Підведення, відведення охолоджуючої води		Маніпулятор	
Гаряча вода, стічна вода		Маніпулятор на конвеєрі	
Фонтанчик питної, автомат питної (газованої) води		Монорейка з пневматичним підйомником	
Умивальник		Картка-оператор з автоматичним адресуванням вантажів	

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
Кисень (А – аміак, Ац – ацителен, Б – бензин, ДП – дизельне паливо, Г – гас (керосин), ЛМ – лакофарбові матеріали, М – масло, МЗ – мазут, С – содовий розчин, ПБ – пропан-бутан)		Візок рейковий	
Стиснене повітря		Кран-штабелер автоматизований	
Повітря (вентиляція), місцева вентиляційна віддушина для шкідливих виділень		Промисловий робот	
Пара, вакуум, природний газ		Гідропідйомник	
Захисний газ (усередині або навколо ставити літерне позначення: Аз – азот, Ар – аргон, В – водень, Г – гелій, ВГ – вуглекислий газ, Ен – ендогаз, Ек – екзогаз)		Ліфт-підйомник	
Засоби охолодження		Дорога монорельсова	
Місце виходу відходів матеріалу		Шлях рейковий залізничний: н.к. – для нормальної колії; в.к. – для вузької колії	Ось з.д. шляху н.к. (в.к.) 
Електроенергія (точка підведення електрокабеля), змінний струм, постійний струм		Рейковий шлях крана	
Заземлення		Електровізок (електро-, автокар)	
Шина електрична		Візок рейковий	
Пожежний кран, колодязь на мережі з пожежним гідрантом		Візок причіпний	

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
Вогнегасник переносний ручний та переносний пінний		Візок для підлоги будь-якої конструкції	
		Автоматизований транспортний візок	

Таблиця А.2 – Види ліній на плануванні та їхнє призначення

Види ліній	Товщина лінії, мм (при масштабі 1:100)	Призначення лінії
Суцільна товста основна	0,5	Контури відповідальних функціональних частин обладнання, які знаходяться всередині габаритних контурів обладнання в положенні спокою
Суцільна тонка	0,25	Умовні графічні позначення. Контури відповідальних функціональних частин обладнання, які знаходяться всередині габаритних контурів обладнання
Штрихова	0,25	Контури опорної поверхні основного обладнання та його складових частин. Контури фундаментів і каналів
Штрихпунктирна тонка		Осьові лінії
Штрихпунктирна з двома точками, тонка		Контури рухомих частин обладнання, які переміщують часом із метою керування та технічного обслуговування, якщо вони під час переміщення виходять за межі габаритних контурів у положенні спокою. Довжина й товщина демонтованих частин для виробництва монтажних і ремонтних робіт. Місця підведення й відведення матеріалів за межами габаритних контурів обладнання в положенні спокою
Штрихпунктирна з двома точками, товста	0,5	Контури рухомих частин обладнання, які безперервно рухаються в процесі роботи, якщо вони під час переміщення виходять за межі габаритних контурів у положенні спокою

**Додаток Б**  
**ВИХІДНІ ДАНІ Й ПОРЯДОК ПРОЄКТУВАННЯ**  
**МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ВИРОБНИЦТВ**

*Таблиця Б.1 – Визначення категорії складності об'єкта будівництва*

Категорія складності об'єкта будівництва	Клас наслідків (відповідальності) будинків, будівлі або споруд, лінійних об'єктів, інженерно-транспортної інфраструктури	Характеристики можливих наслідків відмови будівлі або споруди					
		Можлива небезпека, кількість осіб			Обсяг можливого економічного збитку	Втрата об'єктів культурної спадщини	Припинення функціонування об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури
		Для здоров'я і життя людей, які постійно перебувають на об'єкті	Для здоров'я і життя людей, які періодично перебувають на об'єкті	Для життєдіяльності людей, які знаходяться ззовні об'єкта			
V	СС3 Значні наслідки	Понад 400	Понад 1 000	Понад 50 000	Понад 150 000	Національного значення	Загальнодержавний
IV	СС2 Середні наслідки	Від 50 до 400	Від 100 до 1 000	Від 100 до 50 000	Від 2 000 до 150 000	Місцевого значення	Регіональний, місцевий
III							
II	СС1 Незначні наслідки	До 50	До 50	До 100	До 2 000	-	-
I							

*Таблиця Б.2 – Орієнтовна інформація щодо попереднього визначення типу виробництва за даними [12]*

Тип виробництва	Кількість деталей одного типорозміру, які обробляються за рік		
	Важкі (маса більш 100 кг)	Середні (маса більш 10 до 100 кг)	Легкі (маса менш 10 кг)
Одиничне	До 5	До 10	До 100
Дрібносерійне	5...100	10...200	100...500
Середньoserійне	100...300	200...500	500...5 000
Великосерійне	300...1 000	500...5 000	5 000...50 000
Масове	Більше 1 000	Більше 5 000	Більше 50 000

Таблиця Б.3 – Орієнтовна річна програма випуску деталей за типом виробництва в механічних цехах [17]

Максимальна маса заготовки, яка обробляється, кг	Тип виробництва				
	Одиничне	Дрібно-серійне	Середньо-серійне	Велико-серійне	Масове
До 200	До 100	1 000...5 000	5 000...10 000	10 000...100 000	Більше 100 000
201...2 000	До 20	20...500	500...1 000	1 000...5 000	5 000...1 000 000
2 001...30 000	До 5	5...100	100...300	300...1 000	1 000...5 000
Більше 30 000	До 3	3...10	10...50	–	–

Таблиця Б.4 – Орієнтовна інформація щодо попереднього визначення типу виробництва у складальному виробництві [17]

Трудомісткість складання виробу, г	Середньомісячний випуск виробів, шт., при типах виробництва				
	Одиничне	Дрібно-серійне	Середньо-серійне	Велико-серійне	Масове
$\geq 2\,500$	До 1	2...4	$\geq 5$	–	–
250...2 500	До 3	3...8	9...60	$\geq 60$	–
25...250	До 5	8...30	31...350	351...1 500	$\geq 1\,500$
2,5...25	До 8	9...50	51...600	601...3 000	$\geq 3\,000$
0,25...2,5	–	До 80	81...800	801...4 500	$\geq 4\,500$
$\leq 0,25$	–	–	–	1 000...6 000	$\geq 6\,000$

Таблиця Б.5 – Класифікація механоскладального виробництва за характером, конструкцією та масою виробів [8]

Машинобудування	Маса деталей, що оброблюють, кг	Можлива серійність	Кількість верстатів у цеху, шт.			Характерні вироби, які складають із деталей
			малому, до	середньому	великому, більше ніж	
Легке	10	Масове, серійне, одиничне	150	150...300	300	Прилади, інструменти, друкарські машинки, мотоцикли
Середнє	10...75	Масове, серійне, одиничне	125	125...250	250	Верстати, двигуни, компресори, автомобілі, сільськогосподарські машини та ін.
Важке 1 група	75...100	Великосерійне, серійне, дрібносерійне, одиничне	100	100...200	200	Важкі верстати, преси, молоти, двигуни, компресори, прокатне та доменне устаткування
2 група	100...200	Серійне, дрібносерійне, одиничне	75	75...150	150	Важкі верстати, преси, молоти, двигуни, компресори, прокатне та доменне устаткування
3 група	200...500	Дрібносерійне, одиничне	60	60...125	125	Важкі верстати, преси, молоти, двигуни, компресори, прокатне та доменне устаткування
Особливо важке	500	Одиничне	50	60...100	100	Унікальні верстати, турбогенератори, гідропреси

**Додаток В**  
**ДОВІДКОВІ ДАНІ ЩОДО ВИБОРУ СКЛАДУ Й КІЛЬКОСТІ**  
**ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКОВАННЯ ТА КІЛЬКОСТІ**  
**ПРАЦЮЮЧИХ**

*Таблиця В.1 – Класифікація деталей за конструкторсько-технологічними ознаками [21]*

Клас деталей	Підклас деталей	Основні розміри групи деталей, мм
Типу тіла обертання	Типу осей, валів, шпинделів ( $L \geq 2D$ )	$D$ до 30xL до 500; (30...50)x(500...1 000); (40...125)x(710...1 400); (50...160)x(1 000...1 400); (50...160)x(1 400...2 000)
	Типу фланців ( $L \geq 2D$ )	160x200; 250x200 320x250; 400x250
Призматичні	Площинні ( $L \geq B$ ; $H \geq B/2$ )	300x300; 500x500 800x800; 1000x1000
	Корпусні та базові	300x300x300 500x500x500 800x800x800 1120x1250x1000 1250x1500x1250

*Таблиця В.2 – Приклад відомості для програми (річної) механічного цеху [17]*

Найменування виробу	Характеристика, модель	Кількість виробів на програму	Маса виробів, т	Маса деталей, т	
				На один виріб	На програму

*Примітка.* При проектуванні механічних цехів масового виробництва разом із річним випуском указують добовий випуск.

*Таблиця В.3 – Приклад відомості для подетальної річної виробничої програми [17]*

№	Номер кресленика		Найменування деталі	Марка матеріалу	Тип заготовки	Кількість деталей на виріб	% на запасні частини	Кількість деталей			Маса, кг		Маса на програму (із запасними частинами), т	
	Вузли	Деталі						На основну програму	На запасні частини	Усього	Заготовки	Деталі	Заготовки	Деталі



Таблиця В.4 – Норми багатостатного обслуговування по групах обладнання [20]

Групи верстатів	Кількість верстатів, які обслуговуються одним робітником, $K_b$		
	Тип виробництва		
	Одиничне та дрібно-серійне	Середньо-серійне	Великосерійне та масове
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Неавтоматизовані верстати широкого використання (за виключенням унікальних): токарно-револьверні, токарно-карусельні, токарні, свердлильні, розточувальні, круглошліфувальні, внутрішньошліфувальні, плоскошліфувальні (стіл до 200x630 або до 0 400), поздовжньо-шліфувальні, безцентрово-шліфувальні з ручним завантаженням, заточувальні, фрезерні, фрезерно-центрувальні, стругальні, довбальні, протяжні, плоскошліфувальні двошпindelні, напівавтомати безперервної дії з ручним завантаженням	1	1	1
Токарні й токарно-револьверні одношпindelні пруткові автомати	3...4	5...6	7...8
Токарні багатшпindelні горизонтальні пруткові автомати	2	3...4	4...5
Токарні багатшпindelні горизонтальні і вертикальні патронні напівавтомати	1...2	2...3	3...4
Те ж для підшипникової промисловості	–	–	2
Токарні багаторізцеві копіювальні напівавтомати	2	2...3	3...4
Трубо- і муфтооброблювальні напівавтомати	2	2...3	2...3
Трубовідрізні	2...3	3...4	3...4
Токарно-карусельні: – діаметр оброблюваної деталі від 4000 до 8000 мм	0,5	0,5	–
– діаметр оброблюваної деталі понад 8000 мм	0,33	0,33	–
Токарні: – діаметр оброблюваної деталі 1250 мм і більше, довжина – від 5000 до 20 000 мм	0,5	0,5	–
– діаметр оброблюваної деталі – понад 1500 мм, довжина – понад 20 000 мм	0,33	0,33	–
Агрегатно-свердлильні й агрегатно-розточувальні	–	1...2	2...3
Верстати для глибокого свердління й розточування	1...2	1...2	1...2
Горизонтально-розточувальні (колонкові), діаметр шпindelя 200 і більше	0,5	0,5	–

Продовження таблиці В.4

1	2	3	4
Безцентрошліфувальні із завантажувальним пристроєм, внутрішньошліфувальні з автоматичною правкою кола, шліцешліфувальні суперфінішні й хонінгувальні одношпindelьні й багатшпindelьні напівавтомати	–	2...3	3...4
Кругло шліфувальні, внутрішньошліфувальні, суперфінішні напівавтомати й автомати для обробки доріжок кочення й отворів	–	–	2...4
Плоскошліфувальні з прямокутним і круглим столом (понад 200x630 або ø 400 мм)	1...2	2...3	3...4
Поздовжньошліфувальні (розміри робочої поверхні столу понад 2000x8000)	0,5	0,5	0,5
Плоскошліфувальні напівавтомати й двосторонні торці шліфувальні напівавтомати	–	2...3	3...4
Заточувальні автомати й напівавтомати для інструменту	2...3	3...4	3...4
Зубофрезерні, зубодовбальні, зубостругальні, шліцефрезерні напівавтомати	2...3	3...4	4...5
Зубошевінгувальні із завантажувальним пристроєм, зубонакатувальні	2...3	3...4	4...5
Зубошліфувальні, зубопритиральні, різешлифувальні напівавтомати	2...3	3...4	4...5
Зубооброблювальні важкі й унікальні (великі)	3...4	4...5	3...8
Поздовжньо-фрезерні: розміри робочої поверхні столу – від 2000x6300 до 4000x10 000; розміри робочої поверхні столу понад 4000x10 000	0,5 0,33	0,5 0,33	– –
Поздовжньо-стругальні (розміри робочої поверхні столу 2000x8000 і більше)	0,5	0,5	–
Агрегатні, відрізнi круглопилельні напівавтомати й автомати	1...2	2...3	2...3
Електрофізичні та електрохімічні верстати й напівавтомати	2...3	3...4	3...4
Різенкатні, шліценкатні й гайконарізнi автомати з автоматичним завантаженням	–	3...4	4...5
Усі верстати з програмним керуванням і з автоматичною зміною інструмента, модулі	2...3	2...3	2...3
Спеціальні верстати	–	1...2	2...3
Роботизовані технологічні комплекси	–	2...3	3...4

Таблиця В.5 – Орієнтовна кількість людино-годин та верстатогодин, які використовуються на механічну обробку 1 т загальної ваги (машини), на 1 т деталей, які оброблюються, на одиницю виробничого устаткування [9]

Різновиди машин	На 1 т загальної ваги		На 1 т деталей, що оброблюються		Випуск на одиницю виробничого обладнання, год
	Людино-год	Верстатогод	Людино-год	Верстатогод	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<b>Важке машинобудування</b>					
Редуктори для прокатних станів: циліндричні, циліндрично-конічні, черв'ячні, глобоїдні (при випуску 4500 т вагою до 30 т)			37	41	87
Крани мостові електричні вантажопідйомністю, т:					
5			28	31	98
15...20			22	24	135
30...50			20	22	149
Двигун внутрішнього згорання: тихохідні дизелі потужністю 600 к.с. швидкохідні 450 к.с.			46 214	50,4 235	78 17
Спеціальні кріпильні деталі (гвинти, болти, гайки, шпильки, штифти) і нормалізовані деталі (втулки, кільця, стакани, фланці)			273	300	11
<b>Верстатобудування</b>					
Токарно-гвинторізні, вальцетокарні, спеціальні й агрегатні верстати (середня вага верстата 8,7 т)	131	73,5	–	–	43,6
Різьбошліфувальні, черв'ячношліфувальні, зубошліфувальні верстати високої точності (середня вага верстата 5,1 т)	264	208	–	–	18

Продовження таблиці В.5

1	2	3	4	5	6
Горизонтально- й координатно-розточувальні верстати, включаючи верстати високої точності (середня вага верстата 32 т)	177	74	–	–	48
Токарно-револьверні верстати (середня вага верстата 4,3 т)	25,5	65	–	–	51

Таблиця В.6 – Орієнтовні техніко-економічні показники за проектами діючих механічних цехів [22]

Галузь машинобудування	Найменування показника			
	Верстатомісткість 1 т виробів, верстато-години	Коефіцієнт завантаження обладнання	Випуск на один верстат, т	Питома площа на один верстат, м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
<b>Автомобілебудування малолітражних автомобілів</b>				
Цех двигунів	68	–	50	56,7
Цех шасі	79,5	–	44	40,6
Автоматний цех	39,6	–	28,6	47,5
<b>Виробництво тракторів та двигунів</b>				
Цех механічний	37,5	–	66	31,4
Цех автоматний	156	–	20	24,4
<b>Вагонобудування</b>				
Цех візків	4,6	0,67	534	48
Цех деталей вагонів	23,3	0,76	121	30,3
<b>Верстатобудування</b>				
<i>Токарно-револьверні верстати</i>				
Цех базових деталей	32,7	0,77	94	54
Цех середніх та дрібних деталей	244,7	0,81	12,9	27,7
Цех серійного виробництва	95,5	0,8	33,3	43,4
<i>Координатно-розточувальні верстати</i>				
Цех серійного виробництва	135	0,73	21,3	24,6
Цех дрібносерійного виробництва	143	0,76	20,7	40
Цех гвинторізний	8550	0,55	0,25	21,7
Цех столів	345	0,84	9,6	16,5
<i>Зубонарізні верстати</i>				
Цех базових деталей	104	0,82	30,6	70
Цех дрібних деталей	900	0,77	3,5	22,6
Цех дрібних серій	940	0,61	2,6	30
<i>Важкі верстати та преси</i>				
Цех великих деталей	14,4	0,79	30,6	261
Цех дрібних деталей	89,5	0,83	37,1	41,6

Продовження таблиці В.6

1	2	3	4	5
<b>Горно-шахтне обладнання</b>				
Цех гідроприводів	97,2	0,83	31,3	37,8
Цех конвеєрів	8,8	0,86	345	74
Цех крепіжних виробів	487	0,89	7,3	26,3
<b>Металургійне машинобудування, виробництво редукторів</b>				
Цех корпусних деталей	15,8	0,85	236	202
Цех валів	45	0,89	80,9	39
Цех зубчатих коліс	31,2	0,87	115,4	82,7

Таблиця В.7 – Співвідношення трудомісткості 1 т випуску складального цеху  $T_{скл}$  і верстатомісткості 1 т випуску відповідного механічного цеху  $T_{мех}$  [22]

Найменування виробів, галузі виробництва	Найменування цехів	$\frac{T_{скл}}{T_{мех}} \cdot 100\%$
1	2	3
Прокатне й ад'юстажне обладнання (машини для правки)	Малих, середніх, великих вузлів і машин	68
Централізоване виробництво редукторів і гідроприводів	Малих, середніх, великих редукторів Гідроприводів	25 80
Централізоване виробництво мастильної апаратури	Мастильної апаратури	35
Енергетична арматура високого тиску	Енергетичної арматури Електроприводів і приводних головок	23 20
Гідро-шахтне обладнання	Гідроустаткування Огороджувальні конструкції і конвеєри	27 37
Транспортне машинобудування	Колійних механізмів і інструментів	42
Восьмивісні металеві напіввагони	Напівскатно-візковий	33
Вагони вузької колії	Візків Вузлів вагонів	59 41

Продовження таблиці В.7

1	2	3
Вагони самоскиди	Складальний	47
Гальмівна апаратура		40
Верстатобудування	Важких верстатів і пресів	63
	Координатно-розточувальних і різешліфувальних верстатів	80
	Зубошліфувальних і шлицешліфувальних верстатів	85
	Деревообробних верстатів	47

Таблиця В.8 – Середні значення складових трудомісткості складання ( $T_{ск}$ ) [22]

Вид складальних робіт	$T_{скл}$ , % при виробництві				
	Одиничне	Дрібно-серійне	Серійне	Велико-серійне	Масове
Слюсарно-пригоночні роботи	25...30	20...25	15...20	10...15	–
Вузлове складання	5...10	10...15	20...30	30...40	45...60
Загальне складання	60...70	60...70	50...65	45...60	40...55

Таблиця В.9 – Ефективний (розрахунковий) річний фонд часу роботи обладнання [8]

Найменування обладнання	Режим роботи		
	В одну зміну	У дві зміни	У три зміни
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Металорізальне обладнання			
Металорізальні верстати з ЧПК і оброблювальні центри, т			
до 10	–	3890	5775
10 – 100		3810	5650
агрегатні верстати	–	4015	5990
автоматичні лінії	–	3725	5465
ГПМ, РТК, т			
до 10	–		5970/7970*
10 – 100			5710/7620*
Устаткування складальних цехів і дільниць			
Робочі місця з механізованими пристосуваннями	2050	4080	6085

Продовження таблиці В.9

1	2	3	4
Складальне автоматичне й напівавтоматичне обладнання	2000	3975	5930
Випробувальні стенд з автоматичною реєстрацією результатів випробувань	2010	3975	5960
Автоматичні складальні лінії	–	3725	5465
Випробувальні стенди	2020	4015	5990

\* Робота у вихідні та святкові дні

Таблиця В.10 – Відсоткове співвідношення різних типів верстатів у механоскладальних цехах і на дільницях [9]

Верстати	Непотокове виробництво	Потокове середньосерійне виробництво	Потокове великосерійне та масове виробництво
1. Звичайні токарні	2,6	7,5	3
2. Револьверні	12	6,3	3,4
3. Багаторізцеві одношпindelні	1,2	11,3	7,6
4. Токарні автомати та напівавтомати багатошпindelні	0,5	2,6	8,1
5. Стругальні	7,2	–	–
6. Горизонтально- та вертикально-фрезерні	14,2	10	5,7
7. Горизонтально- та вертикально-протягу вальні	0,5	2	3,6
8. Свердлильні та розточувальні одношпindelні	12,5	17	12
9. Агрегатно-свердлильні	–	3	12,6
10. Автоматичні лінії	–	–	1,6
11. Круглошліфувальні	9	7,2	5,5
12. Внутрішньо-шліфувальні	6,6	2,7	1,6
13. Інші	9,1	30,4	35,3

Таблиця В.11 – Орієнтовне значення середньої щільності робіт [20]

Види складання	Орієнтовне значення середньої щільності робіт у залежності від габаритних розмірів, маси й ступеня складності виробу					
	Вузли			Вироби		
	Максимальні габарити до, мм			Максимальна маса до, т		
	Дрібні 500	Середні 1 300	Великі більше 1 500	Дрібні 3	Середні 10	Великі більше 10
1. Вузлове складання	1,0	1,1...1,3	1,4...2,0			
2. Загальний монтаж – верстати – автоматичні лінії Кількість верстатів: до 10 10...20 більш 20				1,0...1,5	1,6...2,0  1,5...2,0 2,1...4,0 4,1...6,0	2,1...3,0
3. Потокоче складання			1...2			


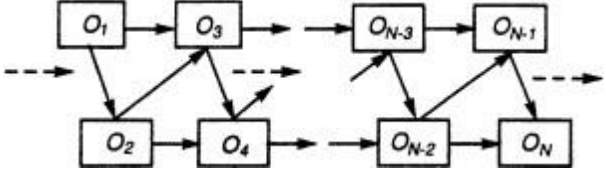
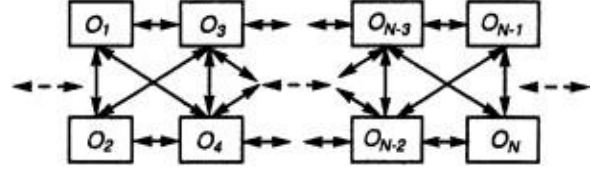
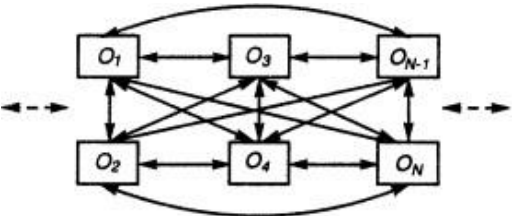
Таблиця В.12 – Ефективний річний фонд часу робітників [8]

Тривалість		Ефективний річний фонд часу робітників, год.
робочого тижня, год.	основної відпустки, дні	
41	15	1 860
41	18	1 840
41	24	1 820
36	24	1 610
36	36	1 520



**Додаток Г**  
**ПРИНЦИПИ Й СТРУКТУРА ПОБУДОВИ ОСНОВНИХ**  
**ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ. ДОВІДКОВІ ДАНІ**

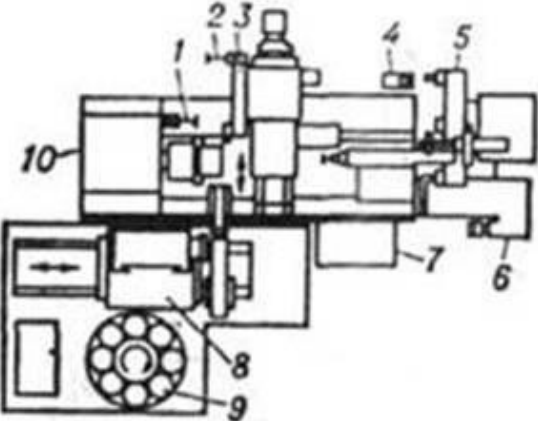
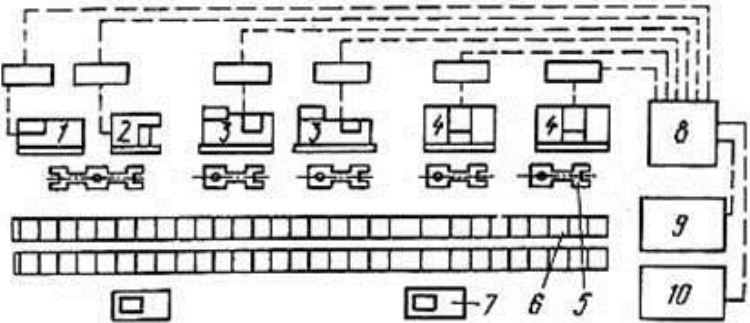
*Таблиця Г.1 – Вибір принципу формування виробничих дільниць за ступенем кооперації [18]*

Обмеження	Схема організації дільниці та розрахунок коефіцієнта кооперації
Нижня межа лінійного принципу	 $\sum m_i = (N - 2) \cdot 2 + 2 \cdot 1 = 2 \cdot N - 2$ $k = \frac{2 \cdot N - 2}{N} = 2 - \frac{2}{N}$
Межа між лінійним і предметно-односпрямованим рухом	 $\sum m_i = (N - 4) \cdot 4 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 2 = 4 \cdot N - 6$ $k = \frac{4 \cdot N - 6}{N} = 4 - \frac{6}{N}$
Межа між предметно-різноспрямованим і технологічним принципом	 $\sum m_i = (N - 4) \cdot 10 + 4 \cdot 6 = 10 \cdot N - 16$ $k = \frac{10 \cdot N - 16}{N} = 10 - \frac{16}{N}$
Верхня межа технологічного принципу	 $\sum m_i = 2 \cdot N \cdot (N - 1)$ $k = \frac{2 \cdot N(N - 1)}{N} = 2 \cdot N - 2$

Таблиця Г.2 – Графи вантажопотоків при використанні різних структур виробничих дільниць у великосерійному виробництві [7]

Варіант структури виробничої дільниці в серійному виробництві	Графи вантажопотоків
<p>Граф вантажопотоків при технологічній структурі виробничих дільниць цехів</p>	<p>Склад матеріалів, заготовок</p> <p>Виробничі дільниці 1 та 2</p> <p>Дільниця токарних верстатів (Цех №5): 430 деталей вхід, 12 деталей вихід до цеху №5, 44 до цеху №6, 17 до цеху №6, 93 до цеху №6, 67 до цеху №6, 40 до цеху №6, 170 до цеху №5, 16 до цеху №5, 52 до цеху №5, 64 до цеху №5, 9 до цеху №5, 13 до цеху №5, 136 до цеху №5, 377 до цеху №5.</p> <p>Дільниця зуборізних верстатів (Цех №5): 116 деталей вхід з цеху №5, 9 до цеху №5, 13 до цеху №5, 170 до цеху №5, 16 до цеху №5.</p> <p>Дільниця фрезерних верстатів (Цех №5): 17 до цеху №6, 27 до цеху №6, 67 до цеху №6, 40 до цеху №6, 170 до цеху №5, 16 до цеху №5.</p> <p>Дільниця шліфувальних верстатів (Цех №5): 10 деталей вхід з цехів №5 та 6, 183 до цеху №6, 8 до цеху №6, 93 до цеху №6, 67 до цеху №6, 40 до цеху №6, 170 до цеху №5, 16 до цеху №5.</p> <p>Дільниця плоскофігурних деталей (Цех №6): 148 деталей вхід, 129 деталей вихід з цеху №6, 156 до цеху №6, 104 до цеху №5 і 6.</p> <p>Дільниця револьверних верстатів (Цех №6): 129 деталей вхід з цеху №6, 156 до цеху №6, 104 до цеху №5 і 6, 128 деталей вихід з цеху №6.</p> <p>Готові деталі: 129 деталей в цех №5, 104 деталі в цех №5 і 6, 128 деталей в цех №6.</p>
<p>Граф вантажопотоків при використанні подетальної спеціалізації виробничих дільниць цехів</p>	<p>Склад матеріалів, заготовок</p> <p>Дільниця II</p> <p>Дільниця I</p> <p>Дільниця III</p> <p>ГВЛ-1 корпусів Бр-1 (Цех №6): 115 деталей вхід, 11 до цеху №6, 5 до цеху №6, 8 до цеху №6, 3 до цеху №6, 157 до цеху №6, 140 до цеху №6.</p> <p>ГВЛ-2 шасі Бр-2 (Цех №6): 14 до цеху №6, 7 до цеху №6, 8 до цеху №6, 3 до цеху №6, 157 до цеху №6, 140 до цеху №6.</p> <p>ГВЛ-3 кришек Бр-3 (Цех №6): 87 до цеху №6, 162 до цеху №6, 120 до цеху №6, 162 до цеху №6.</p> <p>ГВЛ-1 втулок Бр-1 (Цех №6): 10 до цеху №6, 4 до цеху №6, 157 до цеху №6, 140 до цеху №6.</p> <p>ГВЛ-2 кілець Бр-2 (Цех №6): 14 до цеху №6, 12 до цеху №6, 157 до цеху №6, 140 до цеху №6.</p> <p>ГВЛ-1 шестерен Бр-1 (Цех №6): 16 до цеху №6, 8 до цеху №6, 157 до цеху №6, 140 до цеху №6.</p> <p>ГВЛ-2 валів Бр-2 (Цех №6): 162 до цеху №6, 120 до цеху №6, 162 до цеху №6.</p> <p>В цеху №6: 18 деталей в цеху №6, 12 в цеху №6, 20 в цеху №6, 14 в цеху №6.</p> <p>В цеху №5: 30 деталей з цеху №5, 13 в цеху №5.</p> <p>Готові деталі: 18 в цеху №6, 12 в цеху №6, 20 в цеху №6, 14 в цеху №6, 30 в цеху №5, 13 в цеху №5.</p>

Таблиця Г.3 – Приклади гнучких виробничих систем [7]

Найменування гнучкої виробничої одиниці	Планування гнучкої виробничої одиниці
Гнучкий виробничий модуль	<p>Автоматичний переналаджуваний токарний модуль</p>  <p>1 – індикаторний пристрій для контролю стану різального інструменту; 2– індикаторний пристрій для контролю точності обробки заготовки; 3, 5 – пристрій автоматичної зміни інструменту; 4 – система охолодження; 6 – пристрій для збирання й видалення стружки; 7 – пристрій ЧПК; 8 – промисловий робот; 9 – транспортно-накопичувальне обладнання; 10 – токарний верстат</p>
Гнучка виробнича система	<p>Гнучка виробнича система для обробки деталей – тіл обертання</p>  <p>1 – протяжний верстат; 2 – зубофрезерний верстат; 3, 4 – токарні верстати з ЧПК; 5 – промислові роботи для завантаження-розвантаження верстатів; 6 – конвеєр-накопичувач; 7 – позиції завантаження заготовок; 8 – центральний комп'ютер; 9 – система керування транспортом; 10 – система керування контролем і наладкою інструменту</p>

Таблиця Г.4 – Питомі площі механічних цехів дрібно-та середньосерійного виробництва [20]

Найменування ділянок з обробки технологічних груп деталей	Розміри деталей, мм	Загальна площа на одиницю виробничого обладнання, м <sup>2</sup>
1. Базові деталі	$4000 < l \leq 8000$ $1500 < b \leq 3000$	200
2. Базові деталі (станини, плити, траверси, поперечки)	$l \leq 4000$ $b \leq 2000$	150
3. Корпусні деталі (коробки швидкостей, коробки подач, редуктори)	$2000 < l \leq 3000$ $b \leq 1500$	100
4. Корпусні деталі (корпуси, кожухи, кришки, столи, плити)	$1000 < l \leq 2000$ $b \leq 1000$	70
5. Корпусні деталі (корпуси, кришки)	$l \leq 1000$ $b \leq 500$	40
6. Планки, важелі, кронштейни	$l \leq 700$ $b \leq 500$	30
7. Великі тіла обертання (планшайби, зубчасті колеса, шківни, шпинделі, колони)	$D > 1000$ $l > 3000$	120
8. Те ж саме	$320 \leq D \leq 1000$ $700 \leq l \leq 3000$	80
9. Середні деталі типу тіл обертання (шестерні, вали, гвинти)	$200 < D \leq 320$ $l \leq 700$	45
10. Дрібні деталі типу тіл обертання (шестерні, вали, гвинти, качалки)	$D < 200$	35
11. Токарно-револьверні деталі (штифти, гвинти, кріпильні гайки, втулки, кільця, штуцера)	$D \leq 65$ $l \leq 100$	25
12. Те ж саме	$D \leq 25$	20

Таблиця Г.5 – Розміри уніфікованих прогонів і вантажопідйомність підйомно-транспортних засобів для одноповерхових будівель [20]

Ширина прогону $L$ , м	Крок колон $t$ , м	Висота $H$ цеху до нижнього поясу ферм, м	Висота $H_1$ до головки кранової рейки, м	Тип кранів	Вантажопідйомність крана, т
Для машинобудівної промисловості					
12;18;24	6; 12	3,0; 7,2; 8,4	–	Підвісні та опорні	0,5...5,0
12; 18; 24	6; 12	8,4; 9,6; 10,8	6,35; 6,95; 8,15	Опорні	10; 12,5; 16/3,2 20/5
12; 18; 24	12	10,8; 12,0; 14,4	8,15; 9,35; 11,35		10; 12,5; 16/3,2 20/5 32/5
30					
36					
24	12	16,8; 18,0	13,40; 14,60		32/5 50/12,5
30					
36					
30	12; 18	16,8; 18,0	13,40; 14,60		80/20
36					
30	12; 18	16,8; 18,0 19,2	13,40; 14,60 15,20		100/20
36					
30	12; 18	16,8; 18,0 19,2	13,40; 14,60 14,70	150/30 і більше	
36					
Для інструментальних і приладобудівних підприємств					
12	6;12	6,0; 7,2 8,4 (з обґрунтуванням)	–	Талі електричні Конвеєри підвісні Опорні й підвісні крани	0,5...1,0
18					
24					
12					0,05...0,2
18					
24					
12					до 5
18					
24					

Примітка. У чисельнику й знаменнику останньої графи вказані значення вантажопідйомності двогакових кранів.

Таблиця Г.6 – Розміри уніфікованих прогонів і вантажопідйомність підйомно-транспортних засобів для багатопверхових будівель [20]

Сітка колон (крім верхнього поверху), м	Сітка колон верхнього поверху, м	Висота поверхів, м	Підйомно-транспортні засоби		
			Найменування кранів	Вантажопідйомність	
				т	кН
Для машинобудівної промисловості					
6x6	18x6; 24x6	4,8; 6,0; 7,2 (верхній)	Підвісні та опорні	0,5...5,0	5...50
9x6	18x6	4,8; 6,0; 7,2 (верхній)		0,5...5,0	5...50
6x6	18x6	4,8; 6,0; 10,8 (верхній)		5 або 10	50 або 100
12x6	12x6	4,8; 6,0; 7,2		0,5...5,0	5...50
12x6	24x6	4,8; 6,0; 7,2 8,4; 10,8		5 або 10	50 або 100
Для інструментальних і приладобудівних підприємств					
6x6	18x6	4,8; 6,0; 7,2 (верхній)	Талі електричні	0,5...1,0	5,0...10,0
9x6	18x6		Конвеєри підвісні	0,05...0,2	0,5...2,0
12x6	12x6; 24x12	4,8; 6,0; 7,2		0,05...0,2	0,5...2,0

*Примітки:* 1. Установка мостових однобалочних кранів вантажопідйомністю до 0,5 т допускається у виняткових випадках при відповідному обґрунтуванні.

2. Навантаження на перекриття (зосереджені й розподілені) розраховуються в кожному конкретному випадку.

3. Гнучкі виробничі системи рекомендується розміщувати в безкранових прогонах.

Таблиця Г.7 – Основні параметри уніфікованих типових секцій одноповерхових промислових будівель у машинобудуванні [24]

Довжина, м	Ширина, м	Прогін, м	Крок колони, м	Крок ферм, м	Висота, м
Основні секції для безкранових будівель із підвісним транспортом					
72	144	24	12	6; 12	6; 7,2
72	72	24	12	6; 12	6; 7,2
72	144	12	12	6; 12	6; 7,2
72	72	12	12	6; 12	6; 7,2
Основні секції для кранових будівель					
72	144	24	12	12	10,8; 12,6
72	72	24	12	12	10,8; 12,6
72	144	18	12	12	10,8; 12,6
72	72	18	12	12	10,8; 12,6
Додаткові секції для кранових будівель					
72	30	30	6	6	16,2; 18
72	48	24	12	6, 12	10,8; 12,6
72	24	24	6	6	10,8; 12,6





Таблиця Г.9 – Схеми взаємного розміщення верстатів один щодо одного та щодо стін, колон будівлі й прогонів [20]

		Схеми розміщення верстатів та норми відстані на ділянці								
1	2									
Норми відстаней універсальних верстатів від проїзду, відносно один одного, від стін і колон будівель										
	Розміщення верстатів		Позначення	Відстані, мм						
		Одиничне, дрібносерійне і середньосерійне виробництво		Великосерійне та масове виробництво						
		Найбільший із габаритних розмірів верстату в плані								
			до 1800	від 1800 до 4000	від 4000 до 8000	більш 8000	до 1800	від 1800 до 4000	більш 4000	
Від проїзду до	фронту		а	1600	2000/2400		1000/1200			
	тильної сторони		б	500	500		500			
	бічних сторін		в	500	700	1000	500			
	у «потилицю»		г	1700	2600		1400	1600	1800	
Відносно один до іншого	тильними сторонами		д	700	800	1000	1300	700	800	1000
	бічними сторонами		е	900		1300	1800	900		1200
	Фронтом при обслуговуванні одним робочим	одного верстату	ж	2100	2500	2600		1900	2300	2600
		двох верстатів	з	1700		-		1400	1600	-
	П-подібне розміщення трьох верстатів, які обслуговуються одним робітником		и	2500		-		1400	1600	-
			к	700		-		700		-
Від стін та колон до	фронту		л	1600	1600/2000		1300	1500		
			л1	1300	1500		1300	1500		
	тильної сторони		м	700	800	900	1000	700	800	900
бічних сторін		н	1200				900			

Продовження таблиці Г.9

1	2			
Норми відстаней між прутковими автоматами й напівавтоматами				
Різновид відстані	Позначення на рисунку	Відстань, мм		
		Одношпindelні автомати	Багатошпindelні автомати	
			Діаметр оброблюваного прутка	
		До 65	Більш 65	
1. Між верстатами при поперечному розташуванні до проїзду	г	1200	1300	1500
2. Від кінця підтримують труби до бічної сторони верстата	m	500	—	—
3. Технологічний проїзд для транспортування довгомірів до верстатів	A1	1600	1600	1600
4. Зона заправки і роздача прутків	$p = 4200 \times \cos \alpha$	$\alpha = 20^\circ$ $\alpha = 30^\circ$ $\alpha = 40^\circ$ $\alpha = 45^\circ$	$P = 3900$ $P = 3600$ $P = 3200$ $P = 3000$	

1	2
<p>Взаємне розміщення потокових механізованих ліній і міжопераційних транспортних засобів</p>	
<p>1. З автооператором підлоговим з приймально-передавальними стоками</p>	
<p>2. З автоматизованою підлоговою транспортно-складською системою для тари</p>	
<p>3. Стаціонарний (роликівий, пластинчастий, стрічковий) конвеєр</p>	

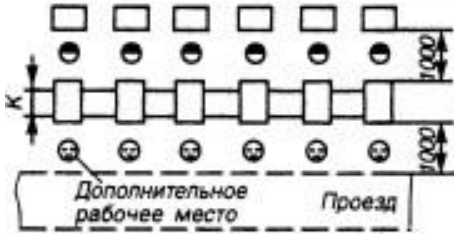
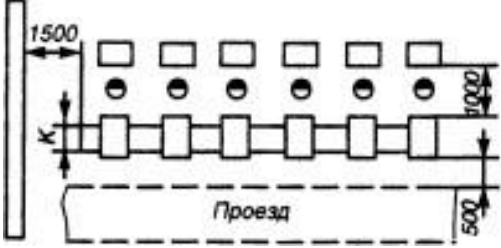
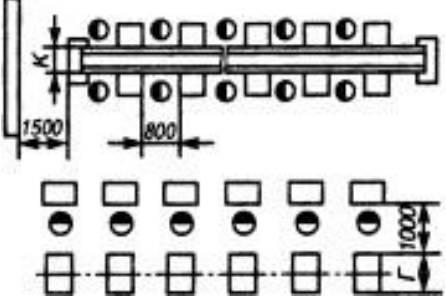

Продовження таблиці Г.9

1	2				
5. Підвісний транспорт або талі на монорейці					
Вид транспорту	Відстань, мм				
	Між верстатом і пересувною консольною секцією приймально-передавального столу «д»	Ширина приймально-передавальних столів стелажного обладнання «в»	Від верстата до транспортної установки «е»	Між приймально-передавальними столами «г»	Між транспортними установками «ж»
1. Автооператор підлоговий із приймально-передавальними столами для тари 400х600 мм	400	670	1070	900	—
2. Автоматизована підлогова транспортно-складська система для тари 400х600 мм	400	670	1070	900	—
3. Стационарний конвеєр (роликівий, пластинчастий, стрічковий)	—	—	900	—	не менше 100
4. Підвісний конвеєр із застосуванням маніпуляторів	—	—	1200	—	не менше 300
5. Підвісний конвеєр або талі на монорейці	—	—	900	—	не менше 300
<p><i>Примітки:</i> 1. Ширина механізованого міжопераційного транспорту «к» приймається відповідно до габаритів оброблюваних деталей. 2. Ширина пішохідного проходу А між тильними сторонами верстатів, вбудованих у потокові лінії з механізованим міжопераційним транспортом – 1400 мм.</p>					

Продовження таблиці Г.9

1		2						
<p>Норми відстаней складальних місць від проїзду, відносно один одного, від стін і колон будівлі (стаціонарне складання)</p>								
		<p>Розміщення складальних місць (відстані)</p>	<p>Позначення</p>	<p>Одиничне та дрібносерійне виробництво</p>		<p>Середньосерійне виробництво</p>		
<p>На верстатах і складальних столах</p>	<p>На складальних столах</p>			<p>На верстатах і складальних столах</p>	<p>На складальних столах</p>			
<p>Габарити вузлів, які складають</p>								
<p>До 1250x750</p>	<p>До 1250x750</p>		<p>До 2500x1000</p>	<p>До 1250x750</p>	<p>До 1250x750</p>	<p>До 2500x1000</p>		
<p>Від проїзду до</p>	<p>фронту</p>	а	1500	2250	2250	1000	1000	1500
	<p>тильної сторони</p>	б	500	1000	1000	500	750	900
	<p>бічних сторін</p>	в	1250	1000	1000	500	1000	1000
	<p>в потилицю</p>	г	1750	2750	2750	1000	1700	1700
<p>Відносно один одного</p>	<p>тильними сторонами</p>	д	0	1500	1500	0	1000	1000
	<p>бічними сторонами</p>	е	1500	1500	1500	750	750	1200
		е <sub>1</sub>	0	1500	1500	0	750	1200
<p>фронтом</p>	ж	2750	3500	3500	2000	2500	2500	
<p>Від стін і колон до</p>	<p>фронту</p>	л	1500	1750	1750	1300	1500	1500
	<p>тильної сторони</p>	м	0	1000	1000	0	750	750
	<p>бічних сторін</p>	н	750	750	750	750	750	750

Продовження таблиці Г.9

1	2
<p>Норми відстаней між обладнанням в автоматизованому складальному виробництві</p>	
<p>Кроковий конвеєр</p>	
<p>Вертикально-замкнутий конвеєр</p>	
<p>Підвісний конвеєр</p>	
<p>Автоматизований горизонтально-замкнутий конвеєр</p>	

Примітки:

1. Розмір «К» визначається конструкцією обладнання.
2. Розмір 1500 – відстань від стіни або від обладнання, що стоїть поруч.
3. Відстань від конвеєра до стаціонарного робочого місця може бути при відповідному обґрунтуванні збільшено в залежності від габаритів дії вузлів, виробів, засобів механізації складання і систем механізації подачі вузлів (маніпулятори, роботи і т. д.).
4. При двосторонньому обслуговуванні вертикально-замкнутого конвеєра ширина робочої зони приймається по 1000 мм з кожного боку

Таблиця Г.10 – Норми ширини проїздів [20]

Вид проїзду	Транспортні засоби	Ширина проїзду, мм	
		при односторонньому русі	при двосторонньому русі
Магістральний	Підлогові: електровізки, електротягачі, електронавантажувачі	–	4500
	Автонавантажувачі, автомашини, прибиральні машини	–	5500
Магістральний для приладобудівної промисловості	Усі види підлогового електротранспорту	–	3000
Цеховий	Усі види підлогового електротранспорту, крім робокарів	A*+1400	2A*+1600
	Робокари	A*+400	–
Залізничний ввід	Вагони вантажні	6000	–
Пішохідний прохід		–	1400
A* – ширина вантажу (транспорту), мм			

Таблиця Г.11 – Основні вимоги до мікроклімату механічних і складальних цехів прецизійного виробництва [20]

Види робіт	Клас точності верстатів або виробу, який виготовляється	Допустимі відхилення температури, $\pm^{\circ}\text{C}$ , від $\pm 20^{\circ}\text{C}$ при масі виробів, т		Найбільша швидкість повітря, м/с
		до 1	св. 1	
1	2	3	4	5
Фінішна обробка деталей типу валів і втулок, точних отворів у корпусних деталях, що направляють базові деталі, ділительних зубчастих коліс і дисків, гвинтів, черв'яків	B	1,5	1,0	0,3...0,5
Чистове шабрування, остаточне складання і перевірка вузлів та верстатів, приймальний контроль і юстирування	A, C	1,0	0,5	0,2...0,3
Попереднє складання верстатів і вузлів	B	2,0	1,5	0,3...0,5
	A, C	1,5	1,0	

Продовження таблиці Г.11

1	2	3	4	5
Виготовлення прецизійних пар паливної апаратури і гідроапаратури:				
Фінішна обробка деталей		1		0,2
Складання		0,5		0,1...0,2
Випробування		2		0,3...0,5
Фінішна обробка черв'ячних фрез, долбяків, шеверів	A AA AAA	2 1,5 1,0		0,2...0,5
Нанесення поділів на лінійних штрихових вимірів верстатів	B A, C	1; 0,5; 0,25 0,25; 0,1; 0,05		0,2...0,3 0,1

*Примітка.* Допустимі відхилення температури надані для дільниць, де виконують нанесення поділок на лінійних штрихових вимірювальних приладах довжиною до 500, 1000 і 2000 мм.



**Додаток Д**  
**ПРОЄКТУВАННЯ СКЛАДСЬКОЇ СИСТЕМИ. ДОВІДКОВІ ДАНІ**

Таблиця Д.1 – Основні параметри безполичних і каркасних стелажів [26]

Стелаж	Довжина комірки $A$ , мм	Ширина стелажа $B_{cm}$ , мм	Навантаження на комірку, Н
Безполичний	450, 710, 950, 1320, 1800	450, 670, 850, 900, 1120, 1250	500, 1000, 2500, 5000
Каркасний	450, 950, 1320, 1800, 2650	450, 670, 850, 900, 1120, 1250	10 000 20 000
<i>Примітка.</i> Висота стелажів $H_{cm}$ , м, наступна 1,8; 2,4; 3,0; 3,6; 5,1; 5,7; 6,3; 6,9; 7,8; 8,4; 9,3; 9,9; 10,5; 12,3; 14,4; 16,2			

Таблиця Д.2 – Типові норми для розрахунку площі складів [20]

Характеристика складу		Норми запасу зберігання $A$ , діб				Норми вантажонапруженості підлоги, т/м <sup>2</sup>					
Найменування	Об'єкт зберігання	Серійність виробництва				Спосіб зберігання при висоті, м					
		о, дс	с	вс	м	В штабелях		У стелажах			
						До 2,5 (зберігання поштучно)	До 3 (зберігання в тарі)	До 2,5	2,5...4	4...6	6...8
Склад металу	Прутки	7	5	4	2	–	–	2,5	3,5	–	–
Склад заготовок	Крупне та важке литво, поковки	15	8	3	1	3,0	–	–	–	–	–
	Середнє та легке литво, поковки	20	12	5	3	–	4,2	2,0	2,8	4,0	5,5
Міжопераційні склади	Напівфабрикати крупних та важких деталей	10	6	2	–	2,5	–	–	–	–	–
	Напівфабрикати середніх та дрібних деталей	20	12	3	–	–	3,5	1,5	2,2	3,4	4,2
Склад готових деталей	Крупні важкі деталі	10	6	2	1	2,0	–	–	–	–	–
	Середні та дрібні деталі	25	15	5	3	–	2,5	1,2	1,8	2,2	3,0

*Примітка.* Наведені норми вантажонапруженості підлоги відносяться до середньосерійного виробництва. Для інших виробництв слід приймати поправочні коефіцієнти: 0,8 – одиничне й дрібносерійне; 1,1 – великосерійне; 1,2 – масове.

Таблиця Д.3 – Норми технологічного проектування для визначення кількості комірників, які обслуговують склади цехів механоскладального виробництва [20]

Склад	Кількість виробничих верстатів механічного цеху або кількість виробничих працівників складального цеху, яких обслуговує один комірник			
	Тип виробництва			
	Одиничне	Середньосерійне	Великосерійне	Масове
Механічний цех				
Заготовок	125	135	180	–
Міжопераційний	65	80	105	–
Складальний цех				
Готових деталей	65	80	105	105
Готових вузлів	180	270	360	360
Комплектуючих виробів	90	160	270	270

Таблиця Д.4 – Норми для розрахунку площі комор цеху для ділянки механічної обробки [20]

Найменування комор і ділянок (об'єкт зберігання)	Норми площі на один виробничий верстат, м <sup>2</sup>												
	Одиничне і дрібносерійне				Середньосерійне				Великосерійне			Масове	
	Найбільший із габаритних розмірів обладнання в плані, мм												
	До 1800	Від 1800 до 4000	Від 4000 до 8000	Більше 8000	До 1800	Від 1800 до 4000	Від 4000 до 8000	Більше 8000	До 1800	Від 1800 до 4000	Від 4000 до 8000	До 1800	Більше 1800
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ділянка настройки інструменту верстатів з ЧПК (різальний і допоміжний інструмент)	1,8	1,8	2,0	2,0	1,1	1,8	2,0	2,0	–	1,8	2,0	–	–
Комора інструментального оснащення (приспосовування)	1,0	1,4	2,2	3,2	0,6	0,9	1,3	1,6	0,45	0,8	1,2	0,35	0,5
Комора УСП (універсальні пристосування)	0,35	0,4	0,45	0,55	0,3	0,35	0,45	0,5	0,05	0,1	0,2	–	–
Комора абразивів (шліфувальні й полірувальні круги)	0,5	0,7	0,9	1,2	0,45	0,5	0,6	0,7	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5

Продовження таблиці Д.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Комора допоміжних матеріалів (обтиральні та господарські матеріали)	0,1												
Інструментально-роздавальна комора (ІРК) (різальний і допоміжний інструмент)	0,4	0,6	1,0	1,2	0,25	0,4	0,6	0,7	0,2	0,4	0,6	0,2	0,3

Таблиця Д.5 – Норми для розрахунку площі комор цеху для дільниці складання [20]

Найменування комор (об'єкт зберігання)	Норми площі на одного виробничого працівника, м <sup>2</sup>															
	Одиничне й дрібносерійне				Середньосерійне				Великосерійне				Масове			
	Маса виробів, які складають, т															
	До 0,2	Від 0,2 до 2,0	Від 2,0 до 15,0	Від 15 до 50	Більше 50	До 0,2	Від 0,2 до 2,0	Від 2,0 до 15,0	Від 15 до 50	Більше 50	До 0,2	Від 0,2 до 2,0	Більше 2,0	До 0,2	Більше 0,2	
Комора допоміжних матеріалів (обтиральні та господарські матеріали)	0,1															
Комора пристосувань (універсальні пристосування)	0,6	0,6	0,8	0,9	1,0	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,3	0,4	0,45	0,3	0,35	

**Додаток Е**  
**ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНСТРУМЕНТОМ**  
**МЕХАНОСКЛАДАЛЬНИХ ЦЕХІВ У МАШИНОБУДІВНОМУ**  
**ВИРОБНИЦТВІ. ДОВІДКОВІ ТАБЛИЦІ**

*Таблиця Е.1 – Мінімальний оборотний фонд інструменту [7]*

Перелік інструментів	Норма часу перебування на відновленні	Стійкість різальної кромки	Кількість інструментів, які використовуються одночасно на одному робочому місці, шт.					
			Години					
			1	2	3	4	5	6
Різці; свердла; розгортки; зенкери; зенківки; мітчики; фрези кінцеві, пазові	4,0	1,0	10	10	28	36	45	54
		1,5	8	15	23	29	36	43
		2,0	6	11	17	22	27	32
		4,0	5	9	14	18	22	27
		8,0 і більше	4	7	11	14	18	22
Різці фасонні, пластинчасті; свердла ступінчасті; зенкери складні; розгортки збірні; фрези циліндричні	8,0	1,5	14	27	40	50	63	–
		2,0	10	19	28	36	45	–
		4,0	6	11	17	22	27	–
		8,0 і більше	4	7	11	14	–	–
Блоки розточувальні; фрези зі вставними ножами діаметром до 300 мм; головки розточувальні	12,0	2,0	14	27	40	–	–	–
		4,0	8	15	23	–	–	–
		8,0 і більше	5	9	14	–	–	–

Таблиця Е.2 – Орієнтовна річна потреба в інструменті й пристосування на одиницю основного обладнання цехів (з урахуванням інструментальних цехів), які обслуговуються, а також трудомісткість виготовлення, ремонту і відновлення 1 т інструменту і пристосувань [30]

Техніко-економічні показники	Потреба на один металорізальний верстат, шт.			
	в інструменті			у пристосуваннях
	різальному	вимірювальному	допоміжному	
Річна потреба в інструменті для виробництва машин середніх розмірів $q_n$ , кг	одиничне й дрібносерійне виробництво			
	80...90	12...14	30...40	30...40
	середньосерійне виробництво			
	90...100	14...16	40...50	70...90
	великосерійне й масове виробництво			
	100...130	16...20	50...70	110...150
Поправочні коефіцієнти: при виготовленні великих виробів	1,3	1,3	1,2	1,8
при виготовленні малих виробів	0,8	0,8	0,8	0,5
при нанесенні однієї багат шарових покриттів на інструмент	0,5	1,0	1,0	1,0
при використанні верстатів із ЧПК і оброблювальних центрів	0,5	1,0	1,0	1,0
Трудомісткість і верстатомісткість виготовлення, ремонту й відновлення 1 т інструменту, людино-год: верстатних робіт $h_v$	2000...2400	3000...3500	1350...1500	900...1000
слюсарно-складальних робіт $h_{cl}$	200...240	1500...1750	550...750	450...500

Примітка. При роботі в три зміни застосовується додатковий коефіцієнт 1,3; при роботі в одну зміну – 0,7.

Таблиця Е.3 – Орієнтовна кількість основних верстатів інструментального цеху на 1000 одиниць технологічного обладнання механічного цеху, який обслуговується [30]

Характер виробів основного виробництва	Кількість верстатів в інструментальному цеху (ділянці)		
	Тип виробництва		
	Одиничне й дрібносерійне	Середньо-серійне	Великосерійне та масове
Складні або великі вироби (автомобілі, верстати, літаки)	75...85	85...95	100...115
Вироби середньої складності (компресори, насоси, мотоцикли)	65...75	75...85	85...95
Вироби малої складності і дрібні (сільськогосподарські машини, підшипники, велосипеди)	60...65	65...75	75...85

Таблиця Е.4 – Поправочний коефіцієнт до норм кількості верстатів за рівнем централізованих поставок інструменту [30]

Рівень поставки інструменту з боку (% від вартості)	Коефіцієнт $K_n$		
	Тип виробництва		
	Одиничне й дрібносерійне	Середньосерійне	Великосерійне та масове
30	1,0	–	–
35	0,95	–	–
40	0,9	1,0	–
45	0,85	0,95	–
50	0,8	0,9	1,0
55	0,75	0,85	0,95
60	0,7	0,8	0,9
65	0,65	0,75	0,85
70	0,6	0,7	0,8
75	0,55	0,65	0,75
80	0,5	0,6	0,7
85	0,45	0,55	0,65

Таблиця Е.5 – Поправочний коефіцієнт  $K_k$ , що враховує кількість устаткування, яке обслуговується [30]

Кількість обладнання механічних цехів, яке обслуговується	6300	4000	2500	1600	1000	630	400	250
$K_k$	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15

Таблиця Е.6 – Приклад ділянки інструментальної підготовки та специфікація до неї [7]

Найменування ділянки		Планування ділянки		
Ділянка інструментальної підготовки для обслуговування 10–20 токарних і свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатів із ЧПК				
		№	Устаткування	Позначення
1	2	3	4	5
1	Стелаж інструментальний	СМ724.01	1950x388x2050	3
2	Стіл конторський	–	1200x600	1
3	Шафа інструментальна	СМ371.20	630x350x1600	2
4	Стелаж для оправок	СМ3723.21	2050x555x2650	1
5	Стелаж інструментальний	СМ3723.17	2050x555x2650	2
6	Стелаж для торцевих фрез	СМ3723.20	2050x555x2650	1
7	Стелаж для технічної документації та комп'ютера	СМ3723.17	2060x555x2650	1
8	Стелаж для вимірювального інструмента	СМ3723.17	2060x 555x 2650	1
9	Плита контрольна	По ГОСТ 10905–75	1000x630	1
10	Стіл під контрольну плиту	СД3702.08	966x636x560	1

Продовження таблиці Е.6

1	2	3	4	5
11	Прилад для перевірки виробів на биття в центрах	ПБМ–БОО	940x347x448	1
12	Стіл контролера	СМ3707.01	1200x600	1
13	Ванна парафінована	СМ3099.05	–	1
14	Прилад для настроювання інструменту до свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатів	2050	740x440x1530	1
15	Верстат слюсарний	СМ3743.04	1250x750x850	2
16	Прилад для настроювання інструменту до токарних патронно-центрових верстатів	2010	875x975x870	1
17	Прилад для настроювання інструменту до лоботокарних напівавтоматів	2010	875x975x870	1
18	Прилад для настроювання інструменту до токарно-карусельних верстатів	2010	875x975x870	1
19	Прилад для настроювання інструменту до токарно-револьверних напівавтоматів	2010	875x975x870	1
20	Стіл під прилад мод. 2010	–	800x900	4
21	Пристосування для розбирання блоків	–	500x400	1
22	Стелаж для дрібних пристосувань (стелаж для налаштованого інструменту)	СМ3722.03	2060x555x2650	2
23	Стіл виробничий	СМ3702.01	850x630x850	1
24	Пристосування для розбирання оправок	–	700x500	1
25	Візок з полками	СМ4186.22	800x630x900	5
26	Візок зі змінним оснащенням	СМ4186.23	948x630x1311	3



**Додаток Ж**  
**ПОЧАТКОВІ ДАНІ ЗА ВАРІАНТАМИ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**

Перша цифра варіанта		Найменування виробу		Найменування деталі		Друга цифра варіанта					Третя цифра варіанта					Верстатомісткість механічної обробки по заводською технологією по операціях на одну деталь																										
						Кількість на річну програму, шт					Маса деталі, кг					Т					Ф			Р			С			3Ф			Ш									
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	М	С	М	С	М	С	М	С	М	С	М	С	М	С	М	С	М	С	М	С								
1	Верстати	Корпус	№1	400	500	600	700	800	10	20	30	40	50					8	4	8	8	4	8	8	4	8																
				500	600	700	800	900	20	30	40	50	60						4	5	6	10	6	10	6	10																
				600	700	800	900	500	30	40	50	60	70							5	10	5	15	10	15	10	15															
				300	400	500	600	700	40	50	60	70	80							11	12	9	20	10	14	10	14															
				300	800	900	600	500	50	60	70	80	90							13	14	20	23	12	18																	
2	Прилади	Валик	№1	650	900	500	400	350	1	2	3	4	5					3	6	6	9	6	9																			
				700	850	550	450	300	2	3	4	5	6						4	4	8	10	8	10																		
				800	800	600	500	250	3	4	5	6	7							5	5	10	12	10	12																	
				850	750	650	550	400	4	5	6	7	8							6	6	12	15	12	15																	
				950	700	700	600	700	5	6	7	8	9							5	10	20																				
3	Молоти	Вал-шест	№1	950	500	400	650	800	5	10	15	20	25					4	5	6	8	6	8																			
				850	550	450	700	700	10	15	20	25	30						5	6	8	10	8	10																		
				750	600	500	750	600	15	20	25	30	35						5	10	10	15	10	15																		
				650	650	550	800	500	20	25	30	35	40						8	10	16	12	16	12	16																	
				550	700	600	900	400	25	30	35	40	45							10	15	20	16	20	20																	

*Навчальне видання*

**ОЛІЙНИК Світлана Юріївна**

**МЕХАНОСКЛАДАЛЬНІ ДІЛЬНИЦІ  
ТА ЦЕХИ В МАШИНОБУДУВАННІ**

**Навчальний посібник**

для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
усіх форм навчання

Редагування О. О. Дудченко

18/2020. Формат 60 x 84/8. Ум. друк. арк. 15,11.  
Обл.-вид. арк. 11,82. Тираж 20 пр. Зам. № 35.

Видавець і виготівник  
Донбаська державна машинобудівна академія  
84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК №1633 від 24.12.2003