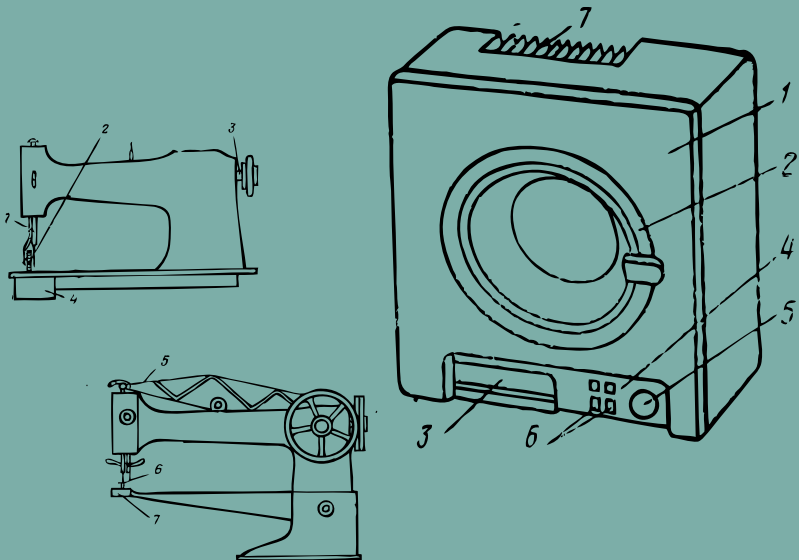


# ІНЖЕНЕРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ГАЛУЗІ

*Методичні вказівки до вивчення дисципліни  
для студентів спеціальностей “Галузеве машинобудування”,  
“Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”*



Хмельницький національний університет

# **ІНЖЕНЕРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ГАЛУЗІ**

*Методичні вказівки до вивчення дисципліни  
для студентів спеціальностей “Галузеве машинобудування”,  
“Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”*

*Затверджено на засіданні  
кафедри машин та апаратів.  
Протокол № 3 від 25.10.2016*

Хмельницький 2016

Інженерне проектування обладнання галузі : методичні вказівки до вивчення дисципліни для студентів спеціальностей “Галузеве машинобудування”, “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” / С. В. Смутко. – Хмельницький : ХНУ, 2016. – 56 с.

Укладач: Смутко С. В., канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск: Поліщук О. С., канд. техн. наук, доц.

Редактор-коректор: Яремчук В. С.

Комп’ютерна верстка: Карпанасюк В. П.

Макетування здійснено редакційно-видавничим центром Хмельницького національного університету (м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1). Підп. 9.12.2016. Зам. № 73е/16, електронне видання, 2016.

© ХНУ, 2016

## Вступ

---

Дисципліна “Інженерне проектування обладнання галузі” є важливою складовою частиною навчального процесу студентів спеціальностей “Галузеве машинобудування” і “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. У методичних вказівках наведено стислий матеріал лекційного курсу цієї дисципліни.

Мета викладання дисципліни полягає в чіткому та цілісному уявленні студентами специфічного виду діяльності інженера – проектуванні, що є загальним поняттям. Воно включає вибір принципу дії приладу, розробку його принципової та інших схем, розрахунки (інженерний аналіз), конструювання, технологічну розробку, виготовлення й випробування дослідних зразків, розробку всієї технічної документації, необхідної для виготовлення, випробувань й обслуговування приладу.

Дисципліна базується на основних загальнотехнічних, загальнотеоретичних та спеціальних дисциплінах.

У результаті опанування дисципліни студенти повинні усвідомити, що процес проектування проводиться на основі технічних розрахунків, конструктивній, технологічній, експлуатаційній проробці та досвіді, також вимагає експериментальної перевірки працездатності декотрих деталей, складальних одиниць та машини в цілому. Спроектований виріб повинен відповідати своєму призначенню та задовольняти висунуті до нього вимоги.

**Завданням дисципліни** є необхідність розкрити етапи створення машин та апаратів, адже це складний творчий процес, який об'єднує осмислення та обробку інформації, перетворення ідей у технічні образи майбутньої конструкції.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен **знати**:

- задач інженерного проектування;
- методологію поетапної проектно-конструкторської розробки створюваних машин;

- стадії розробки конструкторської документації;

- основні техніко-економічні характеристики та показники якості конструкції;

- основні види конструкторської документації.

Також студент після її вивчення повинен **уміти**:

- аналізувати та проектувати машинні та апаратні технологічні процеси;

- обирати технологічні схеми обладнання, що проектується;

- вибирати способи технологічної обробки та конструктивні схеми виконавчих органів;

- збирати та аналізувати інформацію про існуючі конструктивні рішення;

- розробляти структурні та конструктивні схеми машин (апаратів), що проектуються;

- оцінювати варіанти конструктивних рішень на основі техніко-економічних характеристик та показників якості конструкції;

- обґрунтовувати вибір оптимальної конструкції;

- розробляти конструкторську документацію;

- розраховувати та проектувати елементи та пристрої, засновані на різноманітних фізичних принципах дії;

- застосовувати інноваційні методи при розрахунки та техніко-економічному обґрунтуванні конструкції виробів у відповідності з технічним завданням;

- керувати розробкою проекту на всіх стадіях, забезпечувати відповідність проекту технічному завданню та дотримання патентної чистоти; визначення етапів та графіків, узгодження їх з керівництвом, замовником та співвионавцями.

Дисципліна “Інженерне проектування обладнання галузі” є основою професійної діяльності інженерів-конструкторів, яка полягає в створенні технічних засобів, що найбільш повно відповідають потребам галузей, де будуть працювати майбутні спеціалісти.

*Тема 1.*  
**Організаційні основи  
проектування технічних систем**

---

- Історія, сучасний стан та перспективи інженерного проектування
- Задачі інженерного проектування
- Стадії розробки технічної документації

**1.1. Історія, сучасний стан  
та перспективи інженерного проектування**

Історія людства показала, що розвиток науки та техніки залежить від конкретних історичних умов та відбувається дуже нерівномірно: періоди швидкого та навіть стрімкого розвитку змінюються періодами застою, а інколи занепаду.

Конструювання техніки в давні часи носило характер індивідуальної майстерності, основаної на інтуїції, таланті окремих умільців та винахідників. Процес моделювання машин базувався на емпіричних знаннях та на основі багаторазових експериментальних випробуваннях.

Наукову основу конструювання машин отримало в середині XIX ст., коли почала формуватися ТММ як самостійна наука. До того часу вона була складовою частиною прикладної механіки – однієї з стародавніх наук, розвиток якої був викликаний життєвою необхідністю: приготуванням їжі, виготовленням тканини і посуду, перекачуванням води, будівництвом тощо.

В результаті розвитку суспільства відбувається неперервний розвиток та ускладнення технічних засобів, здійснюються нові відкриття, винаходи, створюються нові машини, змінюються технології.

**1.2. Задачі інженерного проектування**

*Задача конструктора* полягає в створенні технічних засобів, які найбільш повно відповідають галузям діяльності, дають найбільший економічний ефект та мають найвищі техніко-економічні та експлуатаційні показники.

*Задачі інженерного проектування* вирішують шляхом:

- проектування принципово нових технічних систем для нових технологічних процесів;
- проектування принципово нових технічних систем для існуючих технологічних процесів;
- конструювання на основі базової моделі з внесенням значних змін в конструкцію з метою надання виробу нових або додаткових функцій;
- конструкторською доробкою існуючого зразка (прототипу) з внесенням невеликих змін в конструкцію для поліпшення його характеристик (такі роботи називають модернізацією).

### 1.3. Стадії розробки технічної документації

*Методологія проектування машин* складається з [1]:

- прогнозування конструкції машини, що базується на трьох напрямках, які визначають значення нових відкриттів та винаходів, мету та технічну стратегію, перспективний рівень конструкції машини;

- розробки конструкторської документації, що представляє собою поетапний процес розробки конструкторської документації за якою виготовляють виріб;

- підготовки виробництва до випуску нових конструкцій машин, яка охоплює задачі повного технологічного оснащення машинобудівного підприємства конструкторською та технологічною документацією;

- освоєння виробництва.

Стадії *розробки конструкторської документації* наведені в структурній схемі (рис. 1.1).

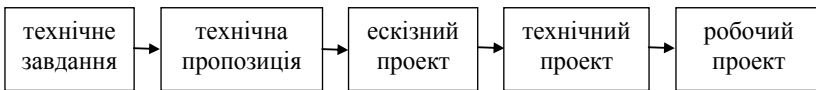


Рис. 1.1 – Стадії розробки конструкторської документації

**Технічне завдання** – це заявка на проектування, в якій замовник приводить всі вимоги до машини. Вона повинна включати: підґрунтя для розробки; мету та призначення розробки; джерело розробки; технічні вимоги (параметри, режими та умови роботи); економічні показники; стадії та етапи розробки; порядок контролю та прийомки (ДСТУ 3973–2000, **ГОСТ 19.201–78**).

**Технічна пропозиція** [1] – сукупність конструкторських документів, що відображають новизну технічного напрямку прийнятого в проєкті. Виконується на основі аналізу технічного завдання та порівняння різноманітних варіантів машини, що проєктується, існуючих машин, а також патентних матеріалів. Повинні бути наведені відомості по техніко-економічній оцінці прийнятих рішень, їх надійності, необхідності повної або часткової експериментальної перевірки (ГОСТ 2.103–68).

**Ескізний проєкт** – сукупність конструкторських документів, які вміщують принципи технічні рішення, дають загальне уявлення про будову, принцип роботи, призначення, основні параметри та габаритні розміри машини. При розробці ескізного проєкту конструюють робочі органи, визначають закони їх руху, розраховують технологічні зусилля, складають циклову діаграму роботи машин, розробляють кінематичну схему и проводять кінематичні та силові дослідження механізмів машини (ГОСТ 2.119–73).

**Технічний проєкт** – сукупність конструкторських документів, що містять кінцеві технічні рішення, які дають повне уявлення про будову розробленої машини та початкові данні для розробки робочої конструкторської документації. Під час виконання технічного проєкту за допомогою уточнюю-

чих розрахунків коректують попередньо намічені розміри, форму та матеріали всіх деталей; назначають допуски та посадки; передбачають нанесення захисних та декоративних покриттів; складають специфікації, технічні вимоги та характеристики складальних одиниць. проводять всі основні розрахунки на міцність (ГОСТ 2.120–73).

**Робочий проект (робоча документація)** [1] – сукупність конструкторських документів, які дозволяють виготовити дослідний зразок нової машини та провести його дослідження. На цьому етапі розробляють робочі креслення загальних видів, складальних одиниць, деталей, монтажні креслення, схеми складання, експлуатаційні документи, пояснювальну записку в повному обсязі, тощо (ГОСТ 2.103–68).

Далі виготовлюють дослідний зразок розробленої конструкції, який проходить попередні дослідження, конструкторську доробку та приймальні випробування.

Під час виготовлення дослідного зразка виявляють та усувають помилки в кресленнях, доопрацьовують схеми, розглядають можливість різноманітних відхилень від креслень (заміна одного матеріалу іншим, зміна конструкції окремих деталей, призначення інших показників точності та шорсткості тощо). Після внесення необхідних коректив проводять приймальні дослідження, за результатами яких роблять висновок про доцільність серійного виготовлення розробленої конструкції.

### **Питання для самоконтролю**

1. Назвіть порядок стадій розробки конструкторської документації.
2. Назвіть шляхи вирішення задач інженерного проектування.
3. З якою метою проводять виготовлення та дослідження дослідного зразка розробленої конструкції?
4. Як називають стадію розробки конструкторської документації в якій замовник приводить всі вимоги до машин?
5. Як називають стадію розробки конструкторської документації, що відображає новизну технічного напрямку прийнятого в проєкті?
6. Як називають сукупність конструкторських документів, що містять кінцеві технічні рішення, які дають повне уявлення про будову, принцип роботи конструкції?
7. Як називають сукупність конструкторських документів, які відображують принципові технічні рішення та початкові дані для розробки робочої конструкторської документації?
8. Як називають сукупність конструкторських документів, які дозволяють виготовити дослідний зразок нової машини та провести його дослідження?

**Література:** [1]



## Тема 2.

# Основні техніко-економічні характеристики та показники якості конструкції

---

### ■ Загальні положення

#### 2.1. Загальні положення

В процесі вирішення задач проектно-конструкторської розробки нової машини виникає необхідність аналізу декількох варіантів рішень. На основі аналізу вибирають оптимальний варіант, а саме оцінюють кожен варіант конструкції за певними якісними показниками, що забезпечують можливість використання цієї конструкції у відповідності з її призначенням. Отже **технічна доцільність** проектування конструкції машини визначається техніко-економічними характеристиками, які можна розбити на три групи [1].

**Перша група** – критерії, за якими оцінюють конструкцію, як об'єкт експлуатації. До них відносяться: продуктивність; потужність; коефіцієнт корисної дії (к.к.д.); ступінь автоматизації; ступінь універсальності; габаритні розміри; надійність та довговічність; зручність обслуговування і простота переналадки; естетичне оформлення (дизайн).

**Друга група** – критерії, за якими оцінюють машину як об'єкт виготовлення: трудомісткість; матеріалоємність; маса; технологічність виготовлення.

**Третя група** – характеристики, які визначають ступінь економічної доцільності створення машини, ефективність капітальних затрат, що пов'язані з купівлею та встановленням машини.

**Економічна доцільність** виробництва та використання машини визначається економічним ефектом зниження собівартості продукції внаслідок покращення відповідних техніко-економічних показників.

**Ефективність капітальних** затрат визначається обґрунтованим вибором найкращого варіанта конструкції. Розглянемо деякі з основних техніко-економічних показників конструкцій.

**Продуктивність машини** визначається кількістю готової продукції, яка виготовляється за одиницю часу ( $\text{м}^3/\text{год}$ , л/с, кг/год, ...). Продуктивність пов'язана з технологічним циклом машини:

$$\dot{O}_0 = t_p + t_{xx} + t_{ca}, \quad (2.1)$$

де  $t_p$  – робочий час;  $t_{xx}$  – час холостого ходу;  $t_{ca}$  – час позациклових витрат (завантаження, вивантаження і т.п.).

Знаючи технологічний цикл, можемо знайти продуктивність машини, що дорівнює кількості циклів, які машина може виконати за одиницю часу:

$$\dot{I} = \frac{1}{\dot{O}_0} = \frac{1}{t_p + t_{xx} + t_{ca}}. \quad (2.2)$$

Робочий час  $t_p$  може бути зменшений за рахунок нових прогресивних методів обробки, високопродуктивних режимів, зменшення трудомісткості обробки виробу.

Час холостого ходу  $t_{xx}$  може бути зменшений шляхом застосування неперервних процесів, автоматизованого виконання допоміжних переходів технологічних операцій, вдосконаленням конструкції робочих органів, раціональним компонованням циклограми машини, суміщенням допоміжних та холостих ходів з робочими.

Час позациклових витрат  $t_{ca}$  можна зменшити за рахунок механізації та автоматизації заправки та обслуговування машини, використання передових методів експлуатації та ремонту машин.

**Потужність** машини характеризується загальною встановленою потужністю електродвигунів або інших джерел енергії. Її розраховують на максимальне споживання енергії машиною, але споживана потужність може бути менше встановленої, внаслідок різних витрат енергії в перехідних та сталих процесах роботи обладнання.

**Коефіцієнт корисної дії** машини це відношення корисної роботи (корисно витраченої енергії) до всієї витраченої роботи (енергії):

$$\hat{E}. \hat{e}. \hat{a}. = \frac{\hat{A}_E}{\hat{D}}; (0,5 \dots 0,7), \quad (2.3)$$

де  $\hat{A}_E$  – корисна робота;  $\hat{D}$  – потужність двигуна.

Коефіцієнт корисної дії є одним з критеріїв досконалості машини.

**Універсальність технологічного обладнання** визначає технологічні можливості та доцільність його використання при змінних умовах виробництва. Універсальність характеризується: діапазоном виробів які обробляються; переналагодженням.

**Спеціальне обладнання** використовують для обробки одного певного виробу, а також декількох однотипних виробів.

**Спеціалізоване обладнання** займає проміжний стан між обладнанням загального призначення та спеціальним обладнанням.

Сучасне універсальне обладнання переналагоджується за допомогою комп'ютерної техніки.

**Надійність** є комплексною властивістю машини. Вона включає в себе наступні критерії:

– безвідмовність – працездатність на потязі деякого напрацювання без вимушених перерв;

– ремонтпридатність – можливість до попередження, виявлення та усунення відмов та неполадок шляхом технічного обслуговування та ремонтів;

– збереження обумовлених експлуатаційних показників протягом терміну зберігання, транспортування та після нього;

– довговічність – працездатність виробу до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування та ремонту.

Надійність обладнання забезпечується конструктором за рахунок загальних вимог:

- раціональним вибором схеми;
- раціональним вибором елементів, матеріалів та режимів роботи;
- вибором оптимальних конструктивних рішень;
- врахуванням умови роботи та досвіду експлуатації аналогічного обладнання;
- розробка заходів по зручності технічного обслуговування та експлуатації;
- врахування можливостей оператора та вимог ергономіки.

**Технологічність конструкції** є важливим напрямом для зниження вартості машини.

Технологічною називається конструкція, яка може бути виготовлена з найменшою затратою праці при умові мінімального часу виготовлення. Технологічність конструкції залежить від ступеня технологічних можливостей виробництва, ступеня використання стандартних, нормалізованих та уніфікованих деталей та складальних одиниць.

**Стандартизація** – узагальнення конструктивних рішень, зафіксованих в державних стандартах.

**Нормалізація** – узагальнення конструктивних рішень у вигляді внутрішньозаводських нормалей.

**Уніфікація** – узагальнення конструктивних рішень без оформлення спеціальної документації (багаторазове застосування в конструкції різних машин аналогічних елементів конструкції).

### Питання для самоконтролю

1. Чим визначається економічна доцільність виробництва та використання машин?
2. Чим визначається ефективність капітальних затрат?
3. Назвіть критерії, які оцінюють конструкцію як: а) об'єкт експлуатації; б) об'єкт виготовлення.
4. За рахунок чого можливо збільшити продуктивність роботи машини?
5. За рахунок чого може бути зменшений: а) робочий час машин; б) час позациклових втрат; в) час холостого ходу машини?
6. Що таке технологічність конструкції?
7. Як технологічності конструкції впливає на її вартість?
8. За рахунок чого забезпечується надійність?

**Література:** [1–5]

## Тема 3.

# Загальні принципи проектування та розрахунку технологічних процесів

---

- Загальні поняття та визначення технологічних процесів
- Етапи проектування технологічних процесів
- Цикли технологічних машин (апаратів)
- Проектування циклових діаграм

Конструювання машин починається з розробки технологічних процесів. Основною задачею проектування технологічного процесу є розробка найбільш економічного здійснення цього процесу, що відповідає технічним вимогам на обробку об'єкта.

### 3.1. Загальні поняття та визначення технологічних процесів

**Технологічний процес** [1, 7] – послідовні якісні та кількісні зміни (форм, розмірів, якостей) сировини, матеріалів, напівфабрикатів та виробів при їх обробці.

Технологічні процеси залежно від способу та характеру дії робочих органів або пристроїв на оброблюваний об'єкт ділять на:

- **машинні процеси** – механічна обробка об'єкта шляхом дії на нього робочих органів машини за рахунок затрат та перетворення механічної енергії;
- **апаратні процеси** – немеханічна обробка об'єкта шляхом дії теплової, хімічної, електричної, звукової та інших видів енергії.

Машинні та апаратні процеси поділяють на:

- **неперервні процеси** – всі операції процесу виконуються при неперервному переміщенні оброблюваного об'єкта без зупинки обладнання;
- **періодичні процеси** – основні операції виконуються з перервами на завантаження сировини, матеріалів, вивантаження готового продукту або оброблених матеріалів тощо.

Машинні та апаратні технологічні процеси складаються з окремих операцій, які ділять на:

- **основні**, що відносяться до безпосередньої обробки об'єкта та дають технологічний результат (зміна розмірів, форми, властивостей);
- **допоміжні** – завантажувально-розвантажувально-знімні, внутрішньо-машинні, внутрішньоапаратні, контрольно-вимірювальні та операції керування.

### 3.2. Етапи проектування технологічних процесів

Проектування технологічного процесу відбувається за взаємопов'язаними етапами, які виконуються в певній послідовності [1]:

- 1) ознайомлення з функціональним призначенням оброблюваного об'єкта;
- 2) вивчення та критичний аналіз технологічного та технічного завдання на проектування машини (апаратів);

- 3) відшукування способу обробки;
- 4) вибір оптимального варіанта способу та принципової схеми робочих органів (пристроїв);
- 5) обробка та вибір режимів, які визначають якість обробки та продуктивність машини (апарата);
- 6) розчленування технологічної операції на елементи та складання плану обробки;
- 7) розробка методу виконання операції зі складанням технограми;
- 8) розробка функціональної схеми регулювання технологічного процесу;
- 9) розробка технологічної схеми та карти машини (апарата);
- 10) вибір основних технологічних характеристик обладнання, що проектується.

### 3.3. Цикли технологічних машин (апаратів)

При виконанні виробничого завдання технологічне обладнання працює з певною циклічністю, тобто повторенням дій обслуговуючого персоналу та самої машини.

Під **циклічністю** розуміють повторення роботи машини за період, що відповідає випуску одиниці продукції.

Розрізняють наступні цикли в роботі машин [1]:

– **виробничий цикл** (сукупність дій та операцій машини і обслуговуючого персоналу, направлених на виготовлення необхідного об'єму продукції):

$$\dot{O}_0 = \dot{O}_1 + \tau_{i.a} = \tau_\delta + \tau_\sigma + \tau_{i.a}, \quad (3.1)$$

де  $\dot{O}_1$  – час машинного циклу, який дорівнює часу  $\tau_\delta$  безпосередньої обробки та часу  $\tau_\sigma$  циклових втрат;  $\tau_{i.a}$  – час позациклових втрат (час на обслуговування машини);

– **технологічний цикл** (включає сукупність операцій машини та дій обслуговуючого персоналу, які періодично повторюються при виготовленні кожної одиниці продукції), визначається технологограмою (рис. 3.1).

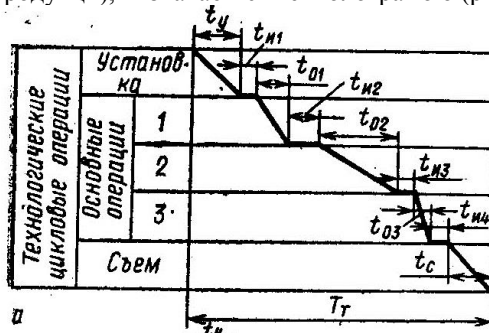


Рис. 3.1 – Технограма виготовлення виробів на обладнанні періодичної дії

Тривалість технологічного циклу визначають за наступною формулою:

$$\dot{O}_0 = \tau_{\delta} + \sum \tau_i + \sum \tau_2 + \tau_c, \quad (3.2)$$

де  $\tau_y$  – час на установку виробу в машину;  $\sum \tau_o$  – час основних операцій;  $\sum \tau_I$  – час інтервалів між операціями;  $\tau_3$  – час на знімання об'єктів обробки; – **робочий цикл** характеризує темп виходу готових виробів:

$$\dot{O}_{\delta} = \dot{O}_0 + \tau_{3,\delta}, \quad (3.3)$$

де  $\tau_{3,\delta}$  – інтервал часу між двома технологічними циклами.

Кінематичний цикл представляє собою сукупність всіх переміщень та вистоявань виконавчих органів, які приймають участь в обробці об'єкта, після завершення яких всі виконавчі органи повертаються в початкове положення:

$$\dot{O}_e = 1/n = 2\pi/\omega, \quad (3.4)$$

де  $n$  та  $\omega$  – відповідно частота обертання та кутове прискорення головного вала машини.

Технологічний цикл може дорівнювати декільком кінематичним. Технологічний, кінематичний та робочі цикли можуть співпадати.

### 3.4. Проектування циклових діаграм

Синхронність всіх рухів та вистоявань механізму показують на цикловій діаграмі машини [1, 2].

**Цикловою** називається діаграма, на якій в умовних позначеннях представлені всі фази кінематичних циклів механізмів, суміщені в одному кінематичному циклі машини.

Циклограми можуть бути прямокутними, лінійними та круговими.

**Прямокутні циклограми** (рис. 3.2) представляють собою ряд горизонтальних смуг довільної ширини. На смугах відкладається тривалість кінематичного циклу машини, виражена в одиницях часу або зміни кутів головного вала  $\varphi_{z,e}$ .

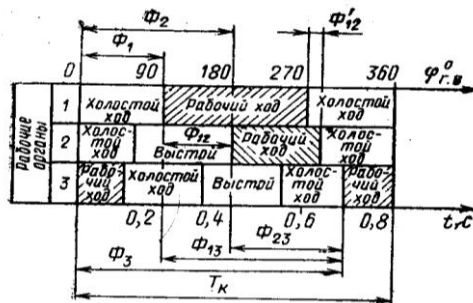


Рис. 3.2 – Прямокутна циклограма технологічної машини

Кути повороту відкладаються у тому випадку, якщо машина має рівномірно обертовий головний вал, що передає рух усім виконавчим механізмам. Для таких машин тривалість кінематичного циклу може бути визначена за кутом повороту цього вала:

$$\dot{O}_e = \varphi_{\bar{a},\bar{a}} / \omega. \quad (3.5)$$

Інтервали циклу пояснюють відповідними написами. Найчастіше робочий хід для наочності виділяють штрихуванням.

**Лінійна циклограма** (рис. 3.3) будується аналогічно, з тією лише різницею, що інтервали циклу виділяються не прямокутниками, а похилими і горизонтальними лініями. Похилі лінії позначають робочі та холості ходи механізму (робочого органа), а горизонтальні лінії – його вистій. На лініях вказують характер або напрям руху робочого органа.

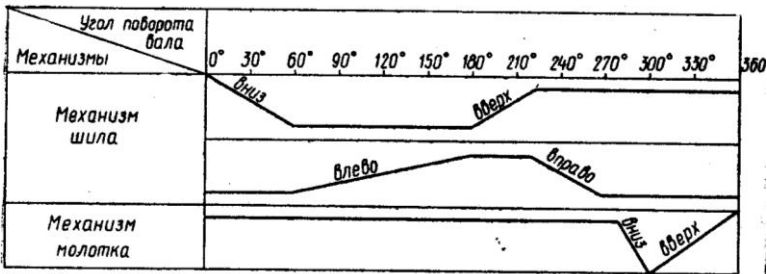


Рис. 3.3 – Лінійна циклограма машини АСГ-19

Для машин з електромеханічним приводом, що мають кінематичний цикл, рівний часу одного оберту головного вала, можна використовувати кругову циклограму. **Кругові циклограми** (рис. 3.4) виконуються у виді концентричних кіл, що утворюють кільця, за числом робочих органів (А, В, С). Зовнішнє коло градуюють у кутах оберту головного вала. Кільця поділяються за радіусами на частини, що відповідають періодам робочих, холостих ходів і вистоявань робочих органів.

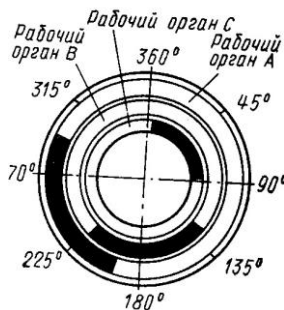


Рис. 3.4 – Кругова циклограма технологічної машини

Якщо вал обертається нерівномірно, то нерівномірність забезпечується масштабами циклограми для відповідних проміжків часу.

Побудову циклограми починають з вибору визначального робочого органа, від роботи якого найбільшою мірою залежить час дії інших робочих органів, положення яких у процесі налагодження регулюють залежно від положення робочого органа.

Циклограми машин встановлюють зв'язок машинного технологічного процесу з рухом робочих органів. Аналіз циклограми дозволяє визначити послідовність включення механізмів у роботу, їх взаємодію, а також співвідношення між тривалістю робочих, холостих ходів і вистоявань робочих органів. Однак циклограма не дає уявлення про величини і характер переміщень робочих органів.

Характеристика дійсних переміщень і погодженості роботи виконавчих органів представлена в **синхронній** діаграмі. Вона будується в прямокутних координатах, де на осі абсцис відкладаються тривалість кінематичного циклу і його інтервали, а на осі ординат у відповідному масштабі – переміщення робочих органів. На рис. 3.5 показана синхронна діаграма механізмів основов'язальної машини з пазовою голкою.



**Рис. 3.5 – Синхронна діаграма переміщення робочих органів основов'язальної машини з пазовою голкою**

При побудові синхронної діаграми можна користуватися як аналітичним, так і графічним методом кінематичного аналізу механізмів.

Циклограми використовують при проектуванні машин, їх експлуатації та ремонті.

Проектування циклограм ведуть при розробці нових або модернізації існуючих технологічних машин. У випадку розробки нової машини при проектуванні циклограми вирішують задачу переходу від технологічного розрахунку машини до кінематичного, у випадку модернізації існуючих технологічних машин здійснюють перегляд кінематичного циклу і його тривалості, удосконалюють кінематичну схему з метою збільшення продуктивності машини і коефіцієнта безперервності обробки.



## Питання для самоконтролю

1. На якому етапі конструювання машин виконується розробка технологічних процесів?
2. Як називають механічну обробку об'єкта шляхом дії на нього робочих органів машини за рахунок затрат та перетворення механічної енергії?
3. Як називають немеханічну обробку об'єкта шляхом дії теплової, хімічної, електричної, звукової та інших видів енергії?
4. Як називають операції машинних та апаратних технологічних процесів, що відносяться до безпосередньої обробки об'єкта та дають технологічний результат (зміна розмірів, форми, властивостей)?
5. Як називають завантажувально-розвантажувальні, внутрішньомашинні, внутрішньоапаратні, контрольні-вимірні та операції керування машинних та апаратних технологічних процесів?
6. Назвіть послідовність етапів проектування технологічних процесів.
7. З якою формулою визначають час виробничого циклу роботи машини?
8. З якою формулою визначають час робочого циклу, що характеризує темп виходу готових виробів?
9. Як називають цикл машини, що представляє собою сукупність всіх переміщень та вистоявань виконавчих органів, які приймають участь в обробці об'єкта, після завершенні яких всі виконавчі органи повертаються в початкове положення?

*Література:* [1, 2]

## Тема 4.

### Основні види конструкторської документації

---

- Графічні конструкторські документи
- Текстові конструкторські документи

Відповідно до ЄСКД конструкторська документація на розроблюваний виріб складається з комплекту графічних та текстових документів.

#### 4.1. Графічні конструкторські документи

Терміни, що використовуються в конструкторській документації встановлені стандартом (ДСТУ 3321:2003).

**Креслення деталі** (немає шифру) являє собою її графічне зображення, виконане в такій кількості проєкцій, видів, розрізів і перетинів, що забезпечує повне зображення в конструкції всіх її елементів.

**Креслення складальної одиниці** (шифр СК) – технічний документ, на підставі якого здійснюються повне складання та необхідне регулювання цієї одиниці. Креслення складальної одиниці повинно бути виконано у такій кількості проєкцій, розрізів, видів і перетинів, щоб пристрій складальної одиниці та конструкція кожної його деталі, а також координація і взаємодія деталей були зрозумілі.

**Креслення виду загального** (шифр ВЗ) дає уявлення про конструктивну будову виробу, взаємодію його складових частин та принцип роботи. Воно виконується у необхідній кількості проєкцій, розрізів та перетинів, які зображують виріб у стані остаточної готовності. В кресленні загального виду наводять технічну характеристику виробу.

**Теоретичне креслення** (шифр ТК) визначає геометричну форму виробу та координатні розташування осей.

**Габаритне креслення** (шифр ГК) показує контурне спрощене зображення з габаритними, установочними та приєднувальними розмірами.

**Монтажне креслення** (шифр МК) включає спрощене зображення виробу та необхідні дані для його монтажу на місці використання.

**Схема** – принципове зображення символами окремих елементів виробу і зв'язків між ними. Схеми відображають основний принцип роботи або дії розроблюваної конструкції (об'єкта). Правильно спроектована схема має велике значення для розроблюваної конструкції. Схеми розділяють на види та типи (ГОСТ 2.701–84).

Залежно від видів елементів та зв'язків розрізняють наступні **види** схем, які позначають літерами:

- електричні Е;
- гідравлічні Г;
- пневматичні П;
- газові (крім пневматичних) Х;

- кінематичні К;
- вакуумні В;
- оптичні Л;
- енергетичні Р;
- комбіновані С.

Залежно від основного призначення розрізняють *типи* схем, які позначають цифрами:

- структурні 1;
- функціональні 2;
- принципові 3;
- з'єднань (монтажні) 4;
- підключень 5;
- загальні 6;
- розташування 7;
- об'єднані 0.

Структурна схема визначає основні функціональні частини виробу, їх призначення і взаємозв'язки; функціональна – необхідна для роз'яснення процесів у функціональних ланцюгах чи виробу в цілому; принципова – визначає повний склад елементів виробу і зв'язків між ними і дає, як правило, детальні уявлення про принципи роботи виробу. У схемі з'єднань даються з'єднання всіх складових частин виробу проводами, джгутами, кабелями, трубопроводами і т.п. У схемі підключень даються дані про зовнішні підключення виробу. Загальна схема визначає складові частини комплексу і з'єднання їх на місці експлуатації. Схема розташування установлює відносно розташування складових частин виробу, а також (при необхідності) розташування з'єднань.

Назви і код схеми визначаються їх видом і типом. Код схеми складається із літерної частини, яка означає вид схеми, та цифрової – тип схеми. Наприклад: ЕЗ – схема електрична принципова; К1 – схема кінематична структурна.

Схеми виконують без дотримання масштабу, однак розміри однотипних зображень елементів на одній схемі повинні бути однакові, а їхнє взаємне розташування повинно наближено відповідати реальному розташуванню, що істотно спрощує задачі компонування реальних механічних, гідравлічних, електричних, пневматичних і тому подібних елементів.

## 4.2. Текстові конструкторські документи

Текстові документи, що входять до конструкторської документації, оформляють відповідно до ГОСТ 2.106–96, яким встановлено форми та правила виконання наступних конструкторських документів виробів машинобудування та приладобудування :

- специфікації;
- відомості специфікації (ВС);
- відомості документів за посиланням (ВД);
- відомості виробів, що купуються (ВП);

- відомості дозволу застосування виробів, що купуються (ВИ);
- відомості утримувачів оригіналів (ДП);
- відомості технічної пропозиції (ПТ);
- відомості ескізного проекту (ЕП);
- відомості технічного проекту (ТП);
- пояснювальної записки (ПЗ);
- програми и методики випробовувань (ПМ);
- таблиць (ТБ);
- розрахунків (РР);
- інструкцій (І);
- документів інших (Д).

Текстові документи виконують на формах, встановлених відповідними стандартами Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД) та Системи проектної документації для будівництва (СПДС).

Оригінали текстових документів дипломного чи курсового проекту виконують на одному боці білого паперу ф. А4 (210×297 мм) відповідно до ГОСТ 2.106–96 одним із запропонованих способів:

- 1) машинописним – шрифт повинен бути чітким, висотою не менш, ніж 2,5 мм, стрічка лише чорного кольору, напівжирна;
- 2) рукописним – креслярським шрифтом за ГОСТ 2.304–96 з висотою букв і цифр не меншою, ніж 2,5 мм. Цифри і букви пишуть чітко чорною тушшю.
- 3) за допомогою друкуючих та графічних пристроїв виводу ЕОМ (рекомендовано). Шрифт текстового редактора Times New Roman нежирний, розмір 14 pt, міжрядковий інтервал 1,5.

Таблиці та ілюстрації можна подавати на аркушах ф. А3.

Вписувати у текстові документи, виготовлені машинописним способом, окремі слова, формули, умовні знаки, а також виконувати ілюстрації слід чорними чорнилами, пастою або тушшю.

Відстань від рамки форми до меж тексту на початку і укінці рядків повинна буде не меншою за 3 мм (рекомендовано – 5 мм). Відстань від нижньої та верхньої рамки до основного тексту повинна бути не меншою 10 мм. Абзаци в тексті починають відступом, рівним п'яти ударам друкарської машинки (15–17 мм).

Приклад виконання текстового документа наведений у ГОСТ 19.201 – 78.

Помилки, описки та графічні неточності, виявлені в процесі виконання документа, допускається виправляти підчисткою або зафарбовуванням білою фарбою і нанесенням на тому самому місці виправленого тексту (графіки) машинописним способом або чорними чорнилами, пастою чи тушшю рукописним способом.

Пошкодження аркушів текстових документів, помарки та сліди не повністю видаленого попереднього тексту (графіки) не допускаються.

Текст документа, за необхідності, розділяють на розділи та підрозділи.

Розділи повинні мати порядкові номери в межах всього документа, позначені арабськими цифрами без крапки і записаними з абзацного відступу.

Підрозділи повинні мати нумерацію в межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу та підрозділу, розділених крапкою. В кінці номера підрозділу крапка не ставиться. Розділи, як і підрозділи, можуть складатися з одного або декількох пунктів.

Якщо документ не має підрозділів, то нумерація пунктів повинна бути в межах кожного розділу, номер пункту повинен складатися з номера розділу та пункту, розділених крапкою. В кінці номера пункту крапка не ставиться.

Якщо документ має підрозділи, то нумерація пунктів повинна бути в межах підрозділу і номер пункту повинен складатися з номерів розділу, підрозділу та пункту, розділених крапками.

Якщо розділ або підрозділ має лише один пункт, то він також нумерується.

Всередині пунктів та підпунктів можуть бути наведені перерахування.

Кожний пункт, підпункт чи перерахування записуються з абзацного відступу.

Розділи та підрозділи повинні мати заголовки. Пункти та підпункти заголовків можуть не мати.

Заголовки повинні чітко і коротко відображати зміст розділів, підрозділів. Друкувати їх слід з великої букви, без крапки в кінці, не підкреслюючи та не виділяючи жирним текстом. Переноси слів у заголовках не допускаються. Якщо заголовок складається з двох речень, то вони розділяються крапкою.

Відстань між заголовком і текстом повинна становити 15 мм. Відстань між заголовками розділу і підрозділу – 8 мм.

Кожний розділ текстового документа починається з нової сторінки.

На початку текстового документа розміщують зміст, який містить номери та назви розділів та підрозділів із зазначенням номерів сторінок. Зміст включають до загальної кількості аркушів цього документа.

Слово “Зміст” записують у вигляді заголовка (симетрично тексту) з великої букви. Назви, що входять до змісту записуються маленькими буквами, починаючи з великої.

Нумерація сторінок документа повинна бути наскрізною.

Назви, які наводяться в тексті документа на ілюстраціях повинні бути ідентичними.

Текст документа повинен бути коротким, чітким і не припускати різних тлумачень.

У текстових документах повинні застосовуватись науково технічні терміни, позначення і визначення, встановлені відповідними стандартами, а при їх відсутності – загальноприйняті у науково-технічній літературі.

Якщо в документі прийнята специфічна термінологія, то в кінці його (перед списком літератури) повинен бути перелік прийнятих термінів з відповідними поясненнями. Перелік вносять до змісту документа.

У тексті документа не допускається:

– використовувати звороти розмовного мовлення, техніцизми та професіоналізми;

– використовувати для одного і того самого поняття різні науково-технічні терміни, близькі за змістом (синоніми), а також іншомовні слова і терміни, за наявності рівнозначних термінів в українській мові;

– використовувати довільний словотвір;

– використовувати скорочення слів, крім встановлених правилами української орфографії, відповідними державним стандартам;

– скорочувати позначення фізичних величин, якщо вони вживаються без цифр, за виключенням одиниць фізичних величин у заголовках таблиць, і в розшифровках буквених позначень, що входять у формули та рисунки.

У тексті документа, за виключенням формул, таблиць і рисунків, не допускається:

– використовувати математичний знак мінус (–) перед від’ємними значеннями величин (слід писати слово “мінус”);

– використовувати знак “∅” для позначення діаметра (слід писати слово “діаметр”). При вказуванні розміру чи граничних відхилень діаметра на кресленнях, вміщених у тексті документа, перед розмірним числом слід писати знак “±”;

– використовувати без числових значень математичні знаки, наприклад > (більше), < (менше), = (дорівнює), ≥ (більше або дорівнює), ≤ (менше або дорівнює), ≠ (не дорівнює), а також знаки № (номер) та % (процент);

– використовувати індекси стандартів, технічних умов та інших документів без реєстраційного номеру.

Якщо в документі прийнята особлива система скорочень слів чи назв, то в ньому повинен бути наведений перелік прийнятих скорочень, який поміщають у кінці документа перед переліком термінів.

Умовні буквені позначення, зображення чи знаки повинні відповідати прийнятим у діючому законодавстві та державних стандартах.

У документі слід використовувати стандартизовані одиниці фізичних величин, їх найменування та позначення, відповідно до системи СІ. При необхідності, поряд у дужках вказують одиниці відповідно до систем, які використовувались раніше і дозволені для використання. Використання в одному документі різних систем позначення фізичних величин не допускається.

У тексті документа числові значення величин з позначенням одиниць фізичних величин і одиниць ліку слід записувати цифрами, а числа без позначення одиниць фізичних величин і одиниць ліку від одиниці до дев’яти – словами.

Числові значення величин у тексті слід вказувати зі ступенем точності, який необхідний для забезпечення властивостей, що вимагаються від об’єкта, при цьому, в ряді величин здійснюється вирівнювання кількості знаків після коми. Округлення числових значень величин до першого, другого, третього і т.д. десяткового знака для різних типорозмірів, марок і т.п. виробів одного найменування повинне бути однаковим.

У формулах як символ слід використовувати позначення, встановлені відповідними державними стандартами. Пояснення символів і числових коефіцієнтів, що входять до складу формули, якщо вони не пояснені раніше у тексті, повинні бути наведені безпосередньо під формулою. Пояснення кож-

ного символу слід подавати з нового рядка у тій послідовності, в якій символи наведені у формулі. Перший рядок пояснення повинен починатися зі слова “де” без двокрапки після нього.

Розташовувати формули необхідно у центрі тексту, відділяючи від тексту зверху і знизу одним пустим рядком. Формули, які йдуть одна за одною і не розділені текстом, розділяють комою. Перенесення формули на наступний рядок допускається тільки на знаках операції, що виконується, причому, знак операції на початку наступного рядка повторюють. При переносі формули на знакові множення, використовують знак “x”.

У документах, виготовлених не типографським способом, формули можуть бути виконані машинописним, машинним способами або креслярським шрифтом вистою не меншою 2,5 мм. Використання машинописних і рукописних символів у одній формулі не допускається.

Формули, за винятком формул, які поміщаються у додатки, повинні нумеруватися наскрізною нумерацією арабськими цифрами, які записують на рівні формули справа у круглих дужках. Кількість ілюстрацій повинна бути достатньою для пояснення тексту, що викладається. Ілюстрації можуть бути розташовані як у тексті (максимально близько до відповідних частин тексту), так і в його кінці. Ілюстрації слід виконувати у відповідності до стандартів ЄСКД та СПДС. Ілюстрації, за виключенням ілюстрацій у додатках, слід нумерувати арабськими цифрами наскрізною нумерацією. Якщо рисунок один, то записують “Рисунок 1”.

Допускається нумерація рисунків у межах розділу (рекомендується для пояснювальної записки). У цьому випадку номер ілюстрації складається із номера розділу та порядкового номера ілюстрації, розділених крапкою. Наприклад – Рисунок 1.1.

Ілюстрації кожного додатку позначають окремою нумерацією арабськими цифрами із додаванням перед цифрою позначення додатку, розділяючи їх крапкою. Наприклад – Рисунок А.3.

Посилання на ілюстрації слід писати “... відповідно з рисунком 2” при наскрізній нумерації та “... відповідно з рисунком 2.1” при нумерації у межах розділу.

Додатки позначають великими буквами українського алфавіту, починаючи з А, за виключенням букв Г, Є, І, Ї, О, Ч, Ї. Після слова “Додаток” пишуть букву, яка визначає його послідовність. Допускається позначення додатків великими буквами латинського алфавіту, за винятком букв І та О. У випадку використання усіх букв українського та латинського алфавітів, допускається позначати додатки арабськими цифрами. Якщо в документі лише один додаток, він позначається “Додаток А”.

Додатки зазвичай оформляють на аркушах ф. А4. допускається оформлення додатків на форматах А3, А4×3, А4×4, А2 та А1 відповідно до ГОСТ 2.301.

Текст кожного додатку, за необхідності, може бути розділений на розділи, підрозділи, пункти, підпункти, котрі нумерують в межах кожного додатку. Додатки повинні мати загальну з основною частиною документа наскрізну

нумерацію сторінок. Всі додатки повинні бути перераховані у змісті документа із вказуванням їх номерів та заголовків.

Таблиці використовують для кращої наочності та зручності порівняння показників. Назву таблиці, при її наявності, повинна відображати зміст таблиці, біти точною і короткою. Слово “Таблиця”, номер таблиці та її назву слід розміщувати над таблицею з абзацного відступу. Назва записується з великої букви і відділяється від номера таблиці за допомогою тире, крапка після назви не ставиться. При переносі таблиці на наступну сторінку, назву пишуть тільки над першою частиною таблиці.

Таблиці, за виключенням таблиць з додатків, нумерують арабськими цифрами наскрізною нумерацією. Якщо в документі лише одна таблиця, то вона позначається “Таблиця 1”. Допускається також нумерація таблиці в межах розділу (рекомендується для пояснювальної записки). У цьому випадку номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, розділених крапкою, наприклад “Таблиця 4.2”. Таблиці в додатках позначають окремою нумерацією арабськими цифрами з додаванням перед цифрою позначення додатку, у випадку, якщо в додатку всього одна таблиця, вона також позначається, наприклад “Таблиця Б.1”.

На всі таблиці документа повинні бути наведені посилання у тексті документа, при посиланні слід писати слово “таблиця” із вказуванням її номера.

Заголовки колонок і рядків таблиці слід писати з великої букви, а підзаголовки колонок – з маленької, якщо вони складають одне речення із заголовком, або з великої букви, якщо вони мають самостійне значення. В кінці заголовків і підзаголовків таблиць крапки не ставлять. Заголовки і підзаголовки колонок вказують у однині.

Якщо необхідно пояснити окремі дані, приведені в документі, то ці дані слід позначити нарядковими знаками виноски. Виноски у тексті розташовують із абзацного відступу в кінці сторінки, на котрій вони позначені, і відділяють від тексту тонкою короткою горизонтальною лінією з лівого боку, а до даних, розташованих у таблиці, вкінці таблиці над лінією, що позначає закінчення таблиці.

Специфікацію складають на окремих аркушах на кожну складальну одиницю, комплекс чи комплект на відповідних формах. До специфікації вносять складові частини, що входять до виробу, а також конструкторські документи, які відносяться до цього виробу і його частин, що не специфікуються.

У загальному випадку специфікація складається із розділів, які розташовують у такій послідовності:

- документація;
- комплекси;
- складальні одиниці;
- деталі;
- стандартні вироби;
- інші вироби;
- матеріали;
- комплекти.



Наявність тих чи інших розділів визначається складом виробу, що специфікується. Найменування кожного розділу вказують у вигляді заголовка у графі “Найменування” та підкреслюють.

У розділ “Документація” вносять документи, які складають основний комплект конструкторських документів виробу, що специфікується, крім самої специфікації, відомості експлуатаційних документів та відомості документів для ремонту. Документи в рамках розділу записують у такій послідовності:

- документи на виріб, що специфікується;
- документи на складові частини, які не специфікуються.

У розділі “Комплекси”, “Складальні одиниці” та “Деталі” вносять комплекси, складальні одиниці та деталі, які безпосередньо входять до складу виробу, що специфікується. Запис вказаних виробів рекомендується здійснювати у алфавітному порядку.

У розділі “Стандартні вироби” записують вироби, виконані за стандартами:

- міждержавними;
- державними;
- галузевими;
- підприємств.

У межах кожної категорії стандартів запис рекомендується проводити за групам виробів, об’єднаних за їх функціональним призначенням (наприклад підшипники, кріпильні вироби, електротехнічні вироби тощо), у межах кожної групи – в алфавітному порядку найменувань виробів, у межах кожного найменування – у порядку зростання позначень стандартів, а у межах кожного позначення стандартів – в порядку зростання основних параметрів або розмірів виробу.

У розділ “Інші вироби” вносять вироби, застосовані за технічними умовами. Запис виробів рекомендується проводити за групами, об’єднаними за їх функціональним призначенням, у межах кожної групи – в алфавітному порядку найменувань виробів, а у межах кожного найменування – в порядку зростання основних параметрів або розмірів виробу.

Допускається об’єднувати розділи “Стандартні вироби” та “Інші вироби” під назвою “Інші вироби”.

У розділ “Матеріали” вносять всі матеріали, які безпосередньо входять до виробу, що специфікується.

У межах кожного виду, матеріали рекомендується записувати в алфавітному порядку їх найменувань, а у межах кожного найменування – за зростанням розмірів або інших технічних параметрів.

У розділі “Матеріали” не записують матеріали, необхідна кількість котрих не може бути визначена конструктором за розмірами елементів виробу і, внаслідок цього, встановлюється технологом. До таких матеріалів відносять, наприклад: лаки, фарби, клей, припої, електроди тощо. Вказівки про використання таких матеріалів дають у технічних вимогах на полі креслення.

У розділ “Комплекти” вносять відомість експлуатаційних документів, відомість документів для ремонту та комплекти, які входять до виробу, що специфікується, і поставляються разом з ним, а також пакування, призначене для виробу.

Якщо комплектів одного і того ж найменування кілька, то їх записують в межах одного найменування в порядку зростання позначень.

Більш детальна інформація з прикладами щодо оформлення текстових графічних документів наведена у ГОСТ 19.201 – 78.

### **Питання для самоконтролю**

1. Як називається технічний документ, на підставі якого здійснюють повне складання та необхідне регулювання конструкції?
2. Як називається технічний документ, який дає уявлення про конструктивну будову виробу та взаємодію його складових частин та принцип роботи?
3. Як називається технічний документ, який показує контурне спрощене зображення з габаритними, установочними та приєднувальними розмірами?
4. Як називається технічний документ, який включає спрощене зображення виробу та необхідні дані для його монтажу на місці використання?
5. Як називається технічний документ, який дає принципове зображення символами окремих елементів виробу і зв'язків між ними?
6. Що представляє собою креслення деталі?
7. Вкажіть як позначають види та типи схем.

***Література:*** [3]

## Тема 5.

### Розробка структурних схем машини

---

- Загальні поняття та визначення структурних схем
- Проектування структурних схем

#### 5.1. Загальні поняття та визначення структурних схем

На першій стадії проектування машини необхідно визначити принципово необхідні механізми, складальні одиниці, їх взаємозв'язок та представити це у вигляді структурної схеми. Така схема надалі повинна бути покладена в основу розробки кінематичної схеми машини або повної технологічної схеми апарата.

**Структурна схема** дає уявлення про наступне [1]: сутність побудови конструкції, але не розгортає повністю її конструктивних особливостей; взаємозв'язок між окремими механізмами та приладами їх керування (це дозволяє при розробці циклової діаграми правильно встановити вимоги для сумісної роботи пов'язаних між собою елементів); розподіл енергії, що поступає від джерела, між елементами конструкції (ГОСТ 2.701–84).

Сучасна машина в кожному конкретному випадку складається з наступних **структурних елементів**: живильного пристрою, який призначений для неперервної подачі об'єктів обробки (сировини, матеріалів) в машину; приводу; виконавчих механізмів з робочими органами; механізмів регулювання, контролю, керування, захисту, блокування та ін.

До складу **приводу** машини входить електродвигун, приводні пристрої (**редуктори, зубчасті, ланцюгові передачі**), які слугують для передачі руху від двигуна до ведучих ланок виконавчих механізмів. Закінчується привод робочим або розподільно-керівним валом (**головний вал швейної машини**).

**Виконавчі механізми** слугують для перетворення руху (енергії) ведучої ланки та передачі його в перетвореному вигляді веденій ланці (робочому органу або пристрою).

#### 5.2. Проектування структурних схем

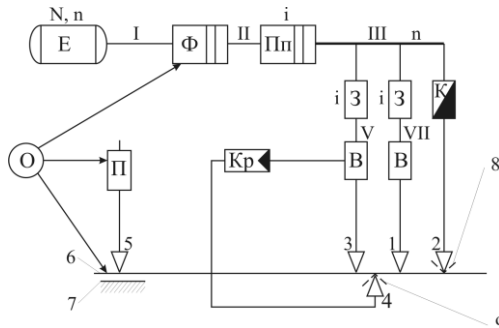
**Проектування структурних схем** включає вибір принципово необхідних виконавчих і передаточних механізмів та пристроїв: тип двигуна, схему керування машиною та ін., при яких забезпечуються задані режими роботи виконавчих органів при найбільшому к.к.д. та інших техніко-економічних характеристиках спроектованої машини [1].

На основі технологічного процесу для робочих органів і виробу, що рухається, спочатку будують попередню циклограму, що показує взаємне ув'язування роботи окремих циклічних механізмів, а потім уже на основі циклограми будують синхронну діаграму, у якій для кожного механізму викреслюють

графік переміщення веденої ланки як функцію кута повороту головного вала.

Структурні схеми містять умовні позначки: пристроїв програми і пристроїв керування, робочих органів, основних функціональних елементів (муфт, перемикачів, контактів, клапанів і т.д.); прямих і зворотних потоків центральної інформації, потоків місцевої (блокувальної та ін.) інформації. Окремі вузли і механізми на структурній схемі показують зображеннями у виді окремих фігур з буквеними або цифровими позначеннями. На структурній схемі вказують також потужність електродвигуна, частоту обертання його вала і валів машини, передаточні числа проміжних передач, порядкові номери валів (римськими цифрами), назви виконавчих механізмів, а також назви робочих органів, укріплених безпосередньо на валах. Елементи і пристрої гідравлічних і пневматичних передач зображують у вигляді прямокутників. Лінії взаємозв'язку зображують суцільними основними лініями. На лініях взаємозв'язку допускається вказувати напрям робочого середовища. Найменування, позначення і технічні дані вписують у прямокутники, що зображують елементи і пристрої.

Як приклад на рис. 5.1 наведена структурна схема універсальної швейної машини [1].



**Рис. 5.1 – Структурна схема універсальної швейної машини:**

- 1 – голка; 2 – ниткопритягувач; 3-човник; 4 – зубчаста рейка; 5 – лапка; 6 – оброблюваний матеріал; 7 – платформа; 8 і 9 – верхня і нижня нитки; I–VII – вали; Ф – фрикційна муфта; Пп – пасова передача; Зп – зубчаста передача; К – кулачкова передача; P – важільний механізм; Кр – кроковий механізм, П – механізм з ланкою, що рухається поступально; О – оператор; E – електродвигун**

На підставі структурної схеми попередньо визначають основні розміри машини, здійснюють перше компоновальне рішення і розробляють кінематичну схему.

### **Питання для самоконтролю**

1. З якою метою складають структурні схеми?
2. Про що дає уявлення структурна схема?
3. Перерахуйте та дайте характеристику структурним елементам.
4. Наведіть принципи, за якими створюють структурні схеми.

*Література:* [1]

## Тема 6.

### Розробка кінематичних схем машини

---

- Загальні поняття кінематичних схем
- Проектування кінематичних схем

#### 6.1. Загальні поняття кінематичних схем

*Кінематична схема* машини показує механічні принципи взаємодії і роботи елементів машин. Вона дає уявлення про те, як механічний рух і енергія передаються від джерела до пункту її використання, перетворення та споживання. Схема є принциповою і дозволяє встановити, які елементи і скільки входять у схему, як і в які сполучення (наприклад, кінематичні пари) вони поєднуються, а також дозволяє бачити траєкторію руху характерних точок системи (наприклад, робочих органів).

Умовні зображення елементів кінематики виконують за ГОСТ 2.770–68, а правила виконання схем за ГОСТ 2.703–68.

Кінематичні схеми викреслюють у вигляді плоского (вид спереду і вид збоку) та просторового зображень.

На кінематичній схемі вказують:

- найменування кожної кінематичної групи елементів (наприклад, привод конвеєра);
- основні характеристики і параметри кінематичних елементів.

Якщо кінематична схема слугує для динамічного аналізу, то на ній вказують необхідні розміри і характеристики елементів. Кожному кінематичному елементу на схемі дають порядковий номер. Вали нумерують римськими цифрами, інші елементи – арабськими.

На кінематичних схемах вказують тип, потужність і частоту обертання електродвигунів, типорозмір, виконання і передаточне відношення редукторів, діаметр і ширину шківів, типи і кількість клинових ременів, число зубів і модулі зубчастих передач, число заходів і кроки ланцюгових передач, число заходів, крок і напрям навантаження черв'яків, гвинтів, типорозміри муфт та ін.

Таблицю елементів та їх характеристик представляють на листі схеми або окремо. Кінцевою метою проектування кінематичної схеми машини є відтворення заданих рухів робочих органів.

Спроектована кінематична схема повинна сприяти:

- забезпеченню максимально можливої простоти конструкції;
- максимально можливому ступеню механізації й автоматизації процесу;
- можливості більш високого коефіцієнта корисної дії;
- необхідній точності руху;
- достатній надійності в роботі;
- зручності налагодження, довговічності ланок і робочих пар;
- зручності ремонту і монтажу;
- безпеки дії, відповідності сучасній технічній естетиці.

## 6.2. Проектування кінематичних схем

Щоб розробити кінематику, необхідно мати характеристики рухів ведучої та веденої ланок кожного ланцюга.

Загальні положення з розробки кінематики зводяться до наступного [1, 4].

Кінематична схема містить тим менше передач, чим менше розрізняються швидкості ведучої та веденої ланок. Повне передаточне відношення кінематичного ланцюга можна розкласти на власні передаточні відношення, де кожен множник відповідає окремому механізму (передачі):

$$i_0 = i_1, i_2, i_3, \dots, i_{z-1}, i_z, \quad (6.1)$$

де  $i_1, i_2, i_3, \dots, i_{z-1}, i_z$  – власні передаточні відношення, рахуючи за напрямом від початкового ведучого до кінцевого веденого.

Найбільш вигідно з погляду компактності конструкції розділити повне передатне відношення таким чином, щоб власні передаточні відношення були розташовані в порядку зменшування величин:

$$i_1 < i_2 < i_3 < \dots < i_{z-1} < i_z. \quad (6.2)$$

При цьому необхідно прагнути розташовувати найбільш енергоємні механізми ближче до головного вала машини. Ці умови сприяють забезпеченню компактності кінематичного ланцюга.

Замкнуті кінематичні ланцюги варто проектувати так, щоб у них не було циркулюючої потужності, що додатково збільшує навантаження в деталях машин за рахунок передачі крутного моменту від циркулюючої потужності.

Пасові передачі при низькій швидкості руху ременя працюють незадовільно, тому їх не слід розташовувати в тихохідних ділянках кінематичного ланцюга.

При побудові кінематичної схеми варто прагнути до зменшення кількості типів електродвигунів, використанню найбільш довершеного привода. Використання в системах керування пневматики і гідравліки дозволяє значно спростити просторову кінематику, забезпечити універсальність пристроїв і широкий діапазон плавного регулювання швидкості переміщення робочих органів.

При проектуванні необхідно враховувати динамічні властивості механізмів, так як ці властивості визначають динамічні навантаження і характер руху ланок кінематичних ланцюгів.

В основі розрахунку кінематичних ланцюгів механізмів лежать дві задачі динаміки:

1) за відомим законом руху ведучої ланки визначити сили, прикладені до ланок механізму. Цю задачу вирішують методом кінетостатики за рівнянням Даламбера;

2) за заданими силами визначити закон руху за рівняннями Лагранжа, що представляє собою універсальний математичний апарат.

Після кінцевого компоунвання загальної кінематичної схеми в машинах із жорстким циклом розраховують відносні кути, під якими на розподільному валу закріплюють ведучі ланки різних виконавчих механізмів.

Розробку кінематичної схеми механізму проводять після вибору типу механізму (важільний, кулачковий, зубчастий тощо) і відносять до метричного синтезу кінематичної (функціональної) схеми. При метричному синтезі визначають основні розміри ланок механізму за заданою функцією положення, від якої залежить закономірність руху веденої ланки, або за заданою траєкторією однієї з його точок і ряду обмежуючих умов і якісних критеріїв.

Існує два основних напрями синтезу механізмів – аналітичний і геометричний. В основі аналітичного синтезу, наприклад важільних механізмів, лежать властивості траєкторій точок кривих, що наближаються частково або на всьому продовженні функції положення до прямих ліній або кіл.

Геометричний синтез базується на основах кінематичної геометрії, тобто зводиться до знаходження параметрів механізму, що визначаються лінійними розмірами і кутовими положеннями ланок. Синтез здійснюється на основі дослідження і вивчення закономірностей зміни основних параметрів механізму.

Проектування механізмів з нижчими кінематичними парами за функціями положення в більшості випадків може бути здійснено лише приблизно, тобто з допущеннями.

Існує два методи синтезу:

- шляхом оптимізації параметрів механізму з застосуванням ЕОМ;
- шляхом наближення функцій положення механізму.

Питанням синтезу присвячені спеціальні роботи з теорії механізмів.

Після визначення на основі аналізу або синтезу механізму і його параметрів переходять до конструктивної розробки механізму відповідно до необхідних техніко-економічних показників при виготовленні експлуатації, ремонті і т.д. При цьому враховують конструктивні особливості проєктованих механізмів.

### **Питання для самоконтролю**

1. З якою метою складають кінематичні схеми?
2. Про що дає уявлення кінематична схема?
3. Наведіть правила, за якими створюють кінематичні схеми.
4. Які методи лежать в основі розрахунку кінематичних ланцюгів механізмів?
5. Які методи синтезу використовують при проєктуванні кінематичних схем?

**Література:** [1, 4]



## Тема 7. Загальне компонування машин і складальних одиниць

---

- Загальні положення
- Правила компонування
- Правила виконання креслень компонування

### 7.1. Загальні положення

Поняття “проектування” [1, 5–8] у комплексі понять, що відносяться до створення приладів, є загальним. Воно включає вибір принципу дії приладу, розробку його принципової та інших схем, розрахунки (інженерний аналіз), конструювання, технологічну розробку, виготовлення й випробування дослідних зразків, розробку всієї технічної документації, необхідної для виготовлення, випробувань й обслуговування приладу.

Конструювання приладу – це насамперед його компонування. Це творчий і різноманітний процес. Однак існують основні принципи, які варто мати на увазі при компонуванні будь-якого приладу [5]:

- 1) забезпечення найменших габаритів при дотриманні вимог ТЗ;
- 2) раціональне ділення приладів на складові частини: складальні одиниці й окремі деталі;
- 3) забезпечення можливостей для регулювання та складання окремих складальних одиниць, вузлів і всього приладу в цілому;
- 4) виключення шкідливого впливу окремих блоків та елементів на точність роботи інших елементів і приладу в цілому (електро-магнітних полів, вібрацій, теплового випромінювання, відблисків, деформацій і т.п.);
- 5) забезпечення технологічності;
- 6) врахування вимог технічної естетики й ергономіки;
- 7) забезпечення зручного огляду, ремонту, заміни елементів у процесі експлуатації.

Крім того, варто розрізнити три види конструювання:

- технічне (Т);
- ергономічне (Э);
- художнє (Х).

При *технічному* конструюванні все підпорядковано найбільш економічному рішенню технічного завдання. Основою технічного конструювання є технічне компонування окремих вузлів і деталей у виробі. Цей вид конструювання головним чином стосується перших дослідних зразків виробу, що створюються за заданими технічними умовами, коли перевіряються принципова схема, працездатність, точність і надійність приладу.

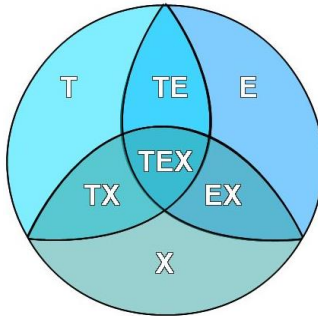
При *ергономічному* конструюванні головною вимогою є зручність роботи із приладом, надійність роботи оператора і менша його стомлюваність. Основою цього виду конструювання є так називане ергономічне ком-

понування, що слугує цілям ергономічної доцільності, зручності, швидкості й безпомилковості обслуговування цього приладу. У повністю автоматизованих приладах питання ергономіки, природно, відступають на задній план, підпорядковуючись питанням надійності дії автоматичних систем, що застосовуються у приладі.

Ціль *художнього* конструювання – це створення приладів, які гармонічно сполучають високі технічні й естетичні якості. У промислових зразках приладів повинен відбиватися стиль епохи, оригінально повинні вирішуватися питання композиції й компоновання.

Перевага того або іншого виду конструювання залежить від характеру приладу й стадії конструювання. Так, наприклад, при створенні першого експериментального зразка, коли в основному перевіряється принципова схема роботи приладу, застосовується тільки технічне конструювання. Другий і третій види конструювання мають більше значення при переході до розробки конструкторської документації для серійного виробництва.

Взаємозв'язок видів конструювання можна наочно пояснити діаграмою (рис. 7.1). Діаграма в цілому відображає повну сукупність дій з створення виробу, починаючи із технічного завдання (тема 1) і до широкого випуску виробів в експлуатацію. Очевидно, що в досконалому виробі (рис. 7.1 – зона ТЭХ) інтегруються рішення, що найбільш гармонійно сполучаються та відповідають всім видам конструювання.



**Рис. 7.1 – Взаємозв'язок видів конструювання: технічне конструювання (Т); ергономічне конструювання (Е); художнє конструювання (Х)**

Одна з головних задач конструювання, що вирішується в процесі компоновання і при розробці конструкцій деталей, полягає в забезпеченні точності розташування виконавчих поверхонь деталей у координатній системі приладу.

З математичної точки зору (з погляду вибору баз) початкові кроки компоновання полягають у наступному:

– конструктор виділяє в проєктованому виробі його основну частину (наприклад, одну із плат корпусу, головну площину оптичного елемента тощо) і встановлює на неї декартову систему координат, що є надалі основною для виробу в цілому;

– потім конструктор встановлює системи координат для інших складових частин виробу (складальних одиниць, деталей), прив'язуючи їх до характерних елементів цих частин (площинам, осям і т.д.);

– “місцеві” системи координат зв'язуються координатними розмірами з основною або із проміжною “місцевою”.

Сукупність таких систем координат дозволяє точно визначити положення у виробі будь-якої складальної одиниці, деталі або її поверхні. Площини деталей або їх осі, з якими конструктор зв'язав введені системи координат, є конструкторськими базами.

Використання графічних систем КОМПАС або АСАД дозволяє вводити необхідні системи координат, роблячи їх видимими або невидимими на екрані монітора. Це локальні системи координат у системі КОМПАС або системи користувача координат у системі АСАД. Точна установка цих систем координат виконується за допомогою широкого набору об'єктних прив'язок.

Слід особливо зазначити, що конструювання деталей і процес компонування не є повністю самостійними етапами, а, навпаки, багато в чому залежать один від одного. Це процеси є покроковими, інколи з багаторазовими поверненнями.

## 7.2. Правила компонування

Вихідними матеріалами для виконання компонування є [1]:

– кінематична схема механізму, схема принципова електрична, оптична схема оптичного пристрою тощо;

– геометричні параметри елементів, що були визначені в ході розробки кінематичної схеми (форма й розміри електродвигуна, види й розміри зубчастих коліс, валів, кулачків, мікроперемикачів, розміри й форма оптичних елементів і т.д.).

Компонування потрібно починати з пошуку найбільш доцільного розташування конструктивних елементів в обмеженому просторі, із з'єднанням їх між собою відповідно до принципової схеми. При цьому конструктивні елементи зображуються спрощено, наприклад ескізами зовнішніх виглядів або габаритних креслень.

При компонуванні необхідно дотримуватись основних правил:

– **перше правило.** При компонуванні треба йти від загального до окремого, а не навпаки. З'ясування подробиць конструкції при компонуванні є навіть шкідливим, тому що збиває логічний хід розробки конструкції і приводить найчастіше до невинуватого накопичення деталей і складальних одиниць;

– **друге правило.** Розробка варіантів, глибокий їх аналіз і вибір найбільш раціонального рішення. Помилково приймати за зразок шаблонну конструкцію, тому що, копіюючи шаблонні форми і дотримуючись традиційного рівня, не можна створити прогресивні конструкції. Повна розробка варіантів не обов'язкова. Звичайно досить начерків олівцем від руки, щоб отримати уявлення про перспективність варіанта й вирішити питання про доцільність подальшої роботи над ним;

– **третє правило.** Постійно мати на увазі питання виготовлення та із самого початку надавати деталям технологічно доцільні форми;

– **четверте правило.** Компонування необхідно вести на основі нормальних розмірів (діаметри посадкових поверхонь, розміри шпонкових і шліцьових з'єднань, діаметри різьб і т.д.);

– **п'яте правило.** Варто прагнути максимальної уніфікації нормальних елементів і використовувати їх у всіх частинах конструкції (однакові діаметри, посадки, кріпильні деталі, втулки, підшипники і т.д.);

– **шосте правило.** Компонування найкраще вести в масштабі 1:1, якщо допускають габаритні розміри проектного об'єкта. При цьому легше вибрати потрібні розміри і перетини деталей, скласти уявлення про співрозмірність частин конструкції, міцності і жорсткості деталей і конструкції в цілому, полегшується деталювання і не потрібно проставляти велику кількість розмірів. Креслення в масштабах менше чим 1:2 сильно ускладнює процес компонування, спотворюючи пропорції і позбавляючи креслення наочності. Якщо розміри об'єкта не дозволяють застосувати масштаби 1:1 або 1:2, то окремі складальні одиниці необхідно викреслювати в натуральну величину.

У процесі компонування враховуються всі фактори, що визначають працездатність проектного об'єкта: розробляються раціональні форми і розміри корпусних деталей з урахуванням технологічності виготовлення і вимог технічної естетики; розробляються системи змашування, охолодження, складання-розбирання агрегату і приєднання до нього суміжних деталей (приводних валів, комунікацій, електропроводки і т.д.); проводиться розрахунок розмірних ланцюгів; передбачаються умови зручного обслуговування, огляду, регулювання і ремонту механізмів; передбачаються способи підвищення довговічності, збільшення зносостійкості, способи захисту від корозії; враховуються умови виробництва, у яких будуть виготовлятися спроектовані вироби; враховуються умови транспортування до місця установки й інші фактори.

### 7.3. Правила виконання креслень компонування

Результатом компонування на етапі технічного проектування буде **вид загальний** [1] технічного проекту, який відрізняється від ескізного компонування докладною проробкою всіх елементів конструкції ескізного проекту. Крім того, на цьому етапі фактично розробляються конструкції тих елементів деталей, які визначають відносно розташування деталей у складанні (виступи, буртики, проточки, упори, базові поверхні тощо).

Пригадаємо, що креслення загального виду дає уявлення про конструктивну будову виробу, взаємодію його складових частин та принцип роботи. Воно виконане у необхідній кількості проєкцій, розрізів та перетинів, які зображують виріб у стані остаточної готовності. На підставі креслення складальної одиниці здійснюється повне складання і необхідне регулювання цієї одиниці. Креслення складальної одиниці повинно бути виконано у такій кількості проєкцій, розрізів, видів і перетинів, щоб пристрій складальної одиниці і конструкція кожної його деталі, а також координація і взаємодія деталей були зрозумілі.

На робочому компонуванні (вид загальний, складальні креслення) просявляють основні прив'язувальні, приєднувальні і габаритні розміри, розміри посадкових та центрувальних з'єднань, типи посадок і якості.

На вільному полі креслення приводяться технічні характеристики об'єкта (продуктивність, створюваний тиск, частота обертання, споживана потужність та ін.) і технічні вимоги, що розташовуються над кутовим штампом.

Технічні вимоги на кресленні викладаються в такій послідовності:

1) вимоги до матеріалу, заготовки, термічної обробки і до властивостей матеріалу готової деталі (електричні, магнітні, твердість, вологість і т.д.), можливість використання матеріалів-замінників;

2) розміри, граничні відхилення, форми взаємного розташування поверхонь, маси і т.п.;

3) вимоги до якості поверхні (шорсткість, відомості з обробки, покриття);

4) зазори, розташування окремих елементів конструкції;

5) вимоги, пропоновані до настроювання і регулювання виробу і т.д.;

6) інші вимоги до якості виробів, наприклад, безшумність, вібростійкість і т.д.

Компонування машини в значній мірі визначає вибір напряму геометричної осі, що є якісною задачею і вирішується шляхом аналізу цілого ряду факторів. Основні критерії вибору напряму геометричної осі машини наведені подальше.

**Займана площа.** Машини з вертикальною віссю займають площу в два–три рази меншу, ніж горизонтальні з однаковим технологічним призначенням та ідентичними характеристиками.

**Зручність завантаження і заправлення оброблюваного матеріалу.** Залежить від характеру оброблюваного матеріалу. У напівавтоматах з ручним завантаженням штучних заготовок а також переробки рідких і сипучих матеріалів переважає вертикальна вісь.

**При прутковому живленні** машин більш раціональна горизонтальна вісь, тому, що заправляти довгі прутки в направляючі труби і проштовхувати їх крізь цанги, що подають, до упорів набагато легше по горизонталі.

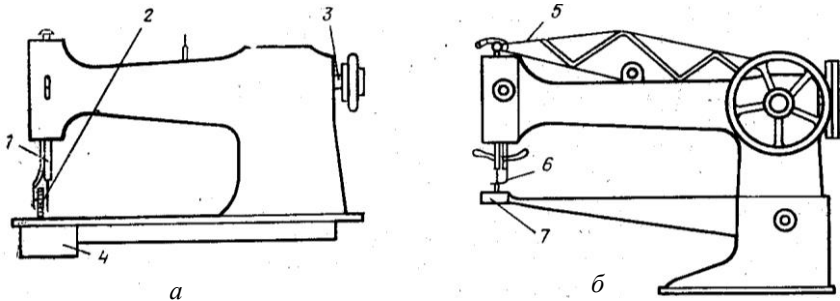
**Зручність налагодження й обслуговування.** Найбільш зручне налагодження й обслуговування машин, якщо всі основні механізми розташовані на однаковій висоті в межах 1000–1200 мм. Тому машини з великим числом позицій варто будувати з вертикальною віссю, де горизонтальна площина поворотного столу визначає однакову висоту компонування і зона дії всіх механізмів, що обслуговують робочі позиції. У машинах з невеликим числом позицій (чотири–шість) або в машинах малих типорозмірів цей критерій істотної ролі не відіграє.

**Зручність видалення відходів обробки.** У машинах з вертикальною віссю відбувається значне нагромадження відходів і стружки на горизонтальній площині столу, тому машини з горизонтальною віссю у цьому випадку зручніші.

**Міцність оброблюваних виробів.** Для тендітних (скло) і гнучких (пластмаси, тканини, шкіри) виробів необхідно будувати машини з вертикальною

віссю щоб уникнути поломки або вигину при обробці, що можливо в машинах з горизонтальною віссю. При міцних заготовках ця ознака значення не має.

**На компонування і довговічність роботи** машин впливають вибір підшипників і системи змащення. При вирішенні цих питань можна користатися рекомендаціями [9]. При компонуванні машини необхідно враховувати людський фактор, тобто враховувати не тільки специфіку машини, але й особливості умов роботи людини-оператора, погоджуючи їх з вимогами інженерної психології. Такий підхід забезпечується системним методом конструювання, що є основним у цей час і вимагає усунення факторів, які знижують надійність людини-оператора, врахування його природних можливостей, комфортабельності робочого місця і т.д. Машини одного функціонального призначення, але призначені для обробки специфічних по конструкції виробів, мають різні схеми компонування, наприклад, швейна машина для пошиття заготовок верху взуття (рис. 7.2, а) і швейна машина для ремонту верху взуття (рис. 7.2, б).

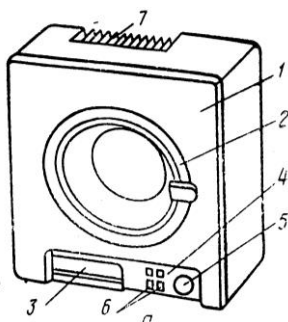


**Рис. 7.2 – Схема компонування:**

- а** – швейної машини для пошиву заготовок верху взуття; **б** – швейної машини для ремонту верху взуття; 1 – кривошипно-повзунний механізм голководія; 2 – роликовий механізм подачі; 3 – механізм головного вала; 4 – коробка зубчастих передач ведучому ролику та човнику; 5 – коромисловий механізм голководія та ниткопритягувача; 6 – коромисловий механізм подачі виробів лапкою, що рухається в вертикальній площині по траєкторії замкненого прямокутника

Машини для обробки виробів, що не відрізняються специфічністю конструкції і технологічного процесу, звичайно мають однакову схему компонування. Так, пральні машини і сушильні барабани – це машини в основному агрегатного типу. Вони мають компонування агрегатів і складальних одиниць як по горизонталі, так і по вертикалі, які утворюють в цілому єдину конструкцію у вигляді шафи (рис. 7.3).

Порівняння варіантів компонування проводять з розумінням конструктивної, технологічної, експлуатаційної доцільності. Одним з ознак раціональності конструкції є її компактність. У компактній конструкції завжди менша маса, габаритні розміри, металоємність; конструкція виходить найбільш раціональною.



**Рис. 7.3 – Компонування білизносушильної машини:**

**1 – корпус; 2 – двері; 3 – пристрій для вкладання шнура; 4 – пульт управління; 5 – командоапарат; 6 – електронагрівачі; 7 – вентилятор і жалюзі**

Для конструкцій у вигляді коробки показником компактності є маса машини або складальної одиниці, що віднесена до маси габаритного об’єму:

$$k_K = m_{\Phi} / m_e, \quad (7.1)$$

де  $m_{\Phi}$  – фактична маса машини;  $m_e$  – маса габаритного об’єму.

Однак при компонуванні варто враховувати і показники ремонтпридатності конструкції, що оцінюються зручністю складання, доступністю до складальної одиниці і деталі в період відновлення працездатності.

Якщо для ремонту і заміни деталі, що вийшла з ладу, треба відкрутити велику кількість болтів, зняти цілком або розібрати кілька вузлів, ремонт буде тривалим і коефіцієнт готовності машини при цьому буде низьким. Розташування складальних одиниць і агрегатів з рідкими відмовленнями з метою компактності варто робити “глибше”, а менш надійних – у більш доступних місцях.

### **Питання для самоконтролю**

1. Назвіть принципи компонування приладів та машин.
2. Назвіть види конструювання.
3. Які правила компонування ви можете назвати?
4. Чи варто розпочинати конструювання з розробки форм деталей?
5. При конструюванні конструкції машини необхідно надавати деталям технологічно доцільної форми.
6. Вкажіть послідовність викладення технічних вимоги на кресленнях.
7. На якій стадії проектування машини розробляють системи змащування?
8. На якій стадії проектування машини проводять розрахунок розмірних ланцюгів?
9. Чому при конструюванні необхідно враховувати людський фактор?

**Література:** [1, 5–9]

## Тема 8.

# Конструювання складальних одиниць та деталей

---

- Загальні положення розробки складальних одиниць
- Конструювання деталей

### 8.1. Загальні положення розробки складальних одиниць

До конструювання складальних одиниць приступають після попереднього компонування машини, коли виконані основні проектні розрахунки з визначення конструктивних розмірів відповідальних деталей і прийнятий поділ конструкції на складальні одиниці.

Складальні одиниці можуть бути рухомими і нерухомими, рознімними і нерознімними.

При конструюванні складальних одиниць вирішують наступні основні задачі:

- вибір форм та розмірів деталей і самої складальної одиниці;
- забезпечення працездатності елементів складальної одиниці;
- забезпечення поділу конструкції на підскладальні одиниці і комплекти;
- вибір методу і характеру з'єднання ланок, складання і регулювання складальної одиниці;
- забезпечення обслуговування і ремонту складальної одиниці;
- забезпечення ефективності варіанта конструкції складальної одиниці.

Креслення складальної одиниці повинне містити [1, 9, 11]:

- 1) зображення складальної одиниці, яке дає уявлення про розташування і взаємний зв'язок складових частин, що з'єднуються за цим кресленням;
- 2) відомості, що забезпечують можливість складання і контролю складальної одиниці;
- 3) розміри, граничні відхилення та інші параметри і вимоги, які повинні бути проконтрольовані або виконані за складальним кресленням;
- 4) вказівки про характер сполучення і методи його здійснення, якщо точність сполучення забезпечується при складанні (підбір деталей, їх підгонка);
- 5) вказівки про спосіб виконання нероз'ємних з'єднань (зварених, паяних тощо);
- 6) номери позицій складових частин, що входять у виріб;
- 7) основні характеристики виробу;
- 8) габаритні розміри, що визначають граничні зовнішні або внутрішні обриси виробу;
- 9) розміри на установку, за якими виріб установлюється на місці монтажу;
- 10) приєднувальні розміри, за якими виріб приєднується до інших виробів;



11) необхідні довідкові розміри.

## 8.2. Конструювання деталей

Розрахункові розміри деталей при компонованні складальних одиниць приходиться змінювати та округляти відповідно до конструктивних розумінь, стандартам і нормалям, розмірам застосовуваних підшипників і т.д.

Для подальшої розробки креслень деталей і складальних одиниць, забезпечення правильної взаємодії механізмів і правильного складання необхідно визначити, чи достатні є зазори і натяги в сполученнях деталей. Для цього потрібно установити види посадок і призначити допуски на їх виготовлення.

Всі деталі вузлів, за можливість, повинні бути конструктивно прості, не вимагати для виготовлення складних інструментів, спеціальних пристосувань і складного устаткування.

Деталі підрозділяють на типові загального призначення, типові спеціальні й оригінальні.

До типових деталей загального призначення, що застосовується у всіх галузях машинобудування, відносяться шківні, зубчасті колеса, зірочки ланцюгових передач, вали, осі, деталі підшипників ковзання і трансмісійних муфт, пружини, шпонки, кріпильні деталі.

Спеціальні типові деталі застосовуються тільки у визначених машинах, наприклад: у швейних машинах (деталі голководія, ниткопритягувача і човника, корпус і т.д.); у пральних машинах (деталі внутрішнього і зовнішнього барабанів, деталі корпусу, деталі активатора і т.д.).

Оригінальні деталі конструюють відповідно до визначеної машини і вони, як правило, не мають подібного зразка. Окремі елементи оригінальних деталей не відрізняються від відповідних елементів типових деталей машин загального призначення.

Конструювання деталей підлягає вирішенню задачі з конструктивно-технологічного формування, яке визначається експлуатаційними і технологічними вимогами, пропонованими до них.

Основні вимоги до деталей, які визначають їх властивості: міцність і рівномірність, твердість і зносостійкість, відсутність неприпустимого нагрівання, високий к.к.д. передач; застосування недефіцитних матеріалів для виготовлення; зменшення витрат; забезпечення зручності складання і розбирання складальних одиниць, зручність обслуговування машини, зручність транспортування; безшумність передач; досконалість зовнішньої форми й обробки.

Послідовність процесу конструювання деталі звичайно наступна [1]:

1) складання розрахункової схеми, у якій максимально спрощується конструкція деталі та характер її сполучення з іншими деталями;

2) визначення величини навантажень, що діють на деталь; вибір матеріалу на підставі його фізико-механічних характеристик з урахуванням економічних факторів: вартості, доступності і т.д.;

3) попередній розрахунок найбільш характерних розмірів деталі за найбільш важливими критеріями працездатності й узгодження цих розмірів з

діючими державними стандартами;

4) креслення деталі в загальному виді складальної одиниці з наступним деталюванням, тобто детальною конструктивною розробкою деталі з вказівкою на кресленні всіх її розмірів, допусків, класів чистоти поверхонь, спеціальних технологічних вимог (термообробки, покриття тощо);

5) виконання перевірних розрахунків за основними критеріями працездатності, тобто визначення запасів міцності в розрахункових перетинах, деформацій (прогинів, кутів закручування), критичних швидкостей і порівняння їх величини із допустимими. У тих випадках, коли необхідна відповідність між цими величинами не забезпечується, у конструкцію варто внести зміни, після чого знову зробити перевірні розрахунки. Послідовним наближенням вдається забезпечити необхідну відповідність між розрахунковими і допустимими значеннями запасів міцності, прогинів і т.д.

З метою підвищення техніко-економічних показників при проектуванні варто враховувати вартість матеріалів, які витрачаються на деталь, і собівартість її виготовлення. Вартість матеріалів у конструкції можна зменшити за рахунок зменшення маси деталей; скорочення відходів матеріалу у виробництві; заміни дорогих матеріалів більш дешевими, але рівномісними; застосування прогресивних способів виготовлення заготовок для деталей машин.

Ощадливої витрати матеріалів, особливо металу, досягають раціональною конструкцією деталі й обґрунтованим їх застосуванням.

Необхідної міцності та твердості деталей варто домагатися введенням ребер жорсткості і раціональним розподілом металу в деталі, а не збільшенням товщини її стінок; не слід також допускати скупчень металу в окремих її частинах. У ненавантаженої або малонавантаженої зоні деталі рекомендується робити вікна і виїмки для більш рівномірного навантаження матеріалу.

Так, наприклад, видалення малонавантаженого матеріалу з центра перетину (рис. 8.1) забезпечує більш рівномірний розподіл напруг у ділянках, які залишаються.

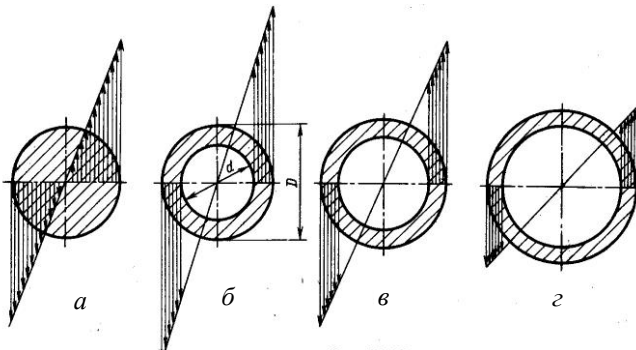


Рис. 8.1 – Напруження в циліндричних перетинах

У деталях складної конфігурації, з невизначено діючими напруженнями, виконують видалення металу з явно малонавантажених ділянок, що знахо-

дяться осторонь від силового потоку (рис. 8.2).

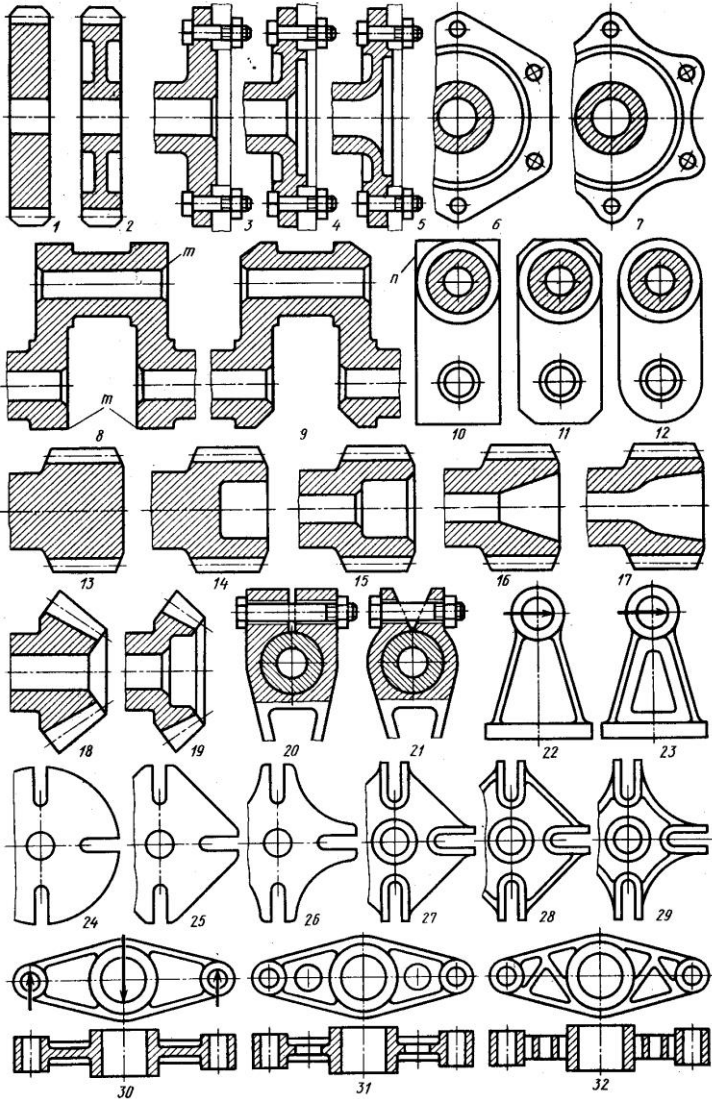


Рис. 8.2 – Приклади полегшення деталей

Замість металу варто застосовувати за можливістю пластмасові та інші неметалічні матеріали. Скрізь, де це доцільно, рекомендується замість сталі використовувати чавун, замість дорогих марок сталі – дешеві, застосовувати складені, збірні конструкції деталей (середню частину деталі з чавуну, зубчас-

тий вінець зі сталі, бронзи і т.д.).

На технологічність конструкції деталі і вузла у великій мері впливає правильний вибір класу точності. Необхідно мати на увазі, що вартість обробки зростає з підвищенням точності (тобто зі зменшенням допусків) і особливо різко в області малих допусків.

Класи точності розмірів повинні бути тісно ув'язані з класами шорсткості поверхонь. Високу точність виготовлення є сенс призначати тільки для деталей, які мають малу вихідну шорсткість поверхні.

Практично вибір класу точності залежить від точності механізму, що впливає з його експлуатаційного призначення, від характеру необхідних з'єднань, що сприяють необхідній якості роботи з'єднання при експлуатації, і від точності машини в цілому.

Деталі, що піддаються термічній обробці, повинні мати прості геометричні форми і симетричну конфігурацію без гострих граней, тонких перемичок і різких переходів у перетинах, що сприяють виникненню напруг і тріщин при нагріванні й охолодженні. За цією самою причиною шорсткість поверхні деталей повинна бути не нижче  $Ra = 10$  мкм.

Інформацію про деталь представляють на кресленні графічно, а також у вигляді текстового матеріалу. Частина даних приводиться у вигляді спеціальних умовних позначок, встановлених відповідними стандартами.

Текстовий матеріал найчастіше включає наступні технічні вимоги до:

– матеріалу, заготовки, термічній обробці і до властивостей матеріалу готової деталі;

– якості поверхонь, вказівки про їх обробку, покриття: до розмірів, граничних відхилень розмірів, форм і взаємного розташування поверхонь;

– зазорів, розташуванню окремих елементів виробу;

– налаштування і регулювання виробу.

За перевіреними робочими кресленнями деталей часто викреслюють контрольні-складальні креслення складальних одиниць. При цьому легко виявляються помилки в розмірах окремих деталей, тому що при їх сполученні відразу виявляється розбіжність.

### **Питання для самоконтролю**

1. Які основні задачі вирішують при конструюванні складальних одиниць?
2. Що повинно містити креслення складальної одиниці?
3. Вкажіть послідовність процесу конструювання деталі.
4. Вкажіть шляхи зменшення вартості матеріалів у конструкції машини.
5. Яку інформацію про деталь представляють на кресленні графічно?
6. Перерахуйте технічні вимоги, які можуть бути наведені в текстовому матеріалі, наведеному на кресленні деталі.

*Література:* [1, 9, 11]

## *Тема 9.*

### **Матеріали деталей машин легкої промисловості та побутової техніки**

---

- Загальні положення
- Використання чавуну
- Використання сталей
- Кольорові метали та сплави
- Неметалічні матеріали

#### **9.1. Загальні положення**

Вибір матеріалів для деталей машин легкої промисловості здійснюють виходячи з вимог, які висувають до конструкції деталі, умов роботи та економічних міркувань. Основними вимогами при виборі матеріалу є наступні: міцність, довговічність, зносостійкість, корозійна стійкість, маса, вартість, вид заготовки, механічна обробка, термообробка.

З аналізу умов роботи більшості деталей швейних машин випливає, що найбільш навантаженими є поверхневі шари цих деталей, через наявність місцевої концентрації напруг.

Найбільш широке застосування у машинобудуванні легкої промисловості знайшли чавун (сірий і ковкий), сталь, легкі сплави, кольорові метали та їх сплави, пластмаси і неметалічні матеріали [10, 11].

#### **9.2. Використання чавуну**

*Чавун*, що є основним ливарним матеріалом, характеризується достатньою міцністю, малою пластичністю, обмеженою ударною в'язкістю, значним внутрішнім тертям, зниженою чутливістю до нагрівання і високих антифрикційних властивостей.

У машинобудуванні легкої промисловості застосовуються наступні марки чавуну. Сірий чавун позначається початковими буквами СЧ, після яких вказується максимальне навантаження на розтяг та вигин:

- СЧ 12–28 для виготовлення малонавантажених деталей, вантажів, великогабаритних станин;
- СЧ 15–32 та СЧ 18–36 для корпусів швейних машин, шківів і кронштейнів;
- СЧ 28–48 і СЧ 32–52 для відповідальних деталей складної конфігурації (копіювальних дисків, кулачків і т.д.).

Ковкий чавун позначається буквами КЧ, після яких вказуються значення меж міцності при розтягуванні та відносному подовженні при розриві. Його застосовують для виготовлення литих деталей і деталей, які у процесі роботи сприймають ударні навантаження. З ковкого чавуну КЧ 35–10 і КЧ 37–8 виготовляють важелі, шатуни, кронштейни, що працюють на розтягування і вигин.

Високоміцний чавун з шароподібним графітом позначається буквами ВЧ. З високоміцного чавуну ВЧ 38–17 виготовляють втулки підшипників ковзання.

Антифрикційний чавун (марок АСЧ – антифрикційний сірий, АКЧ – антифрикційний ковкий, АВЧ – антифрикційний високопробний) має малий коефіцієнт тертя і заміняє кольорові метали на мідній основі. Він застосовується для виготовлення втулок, вкладишів підшипників і шестерень.

Приклад умовного позначення відливки з високоміцного чавуну з шароподібним графітом марки ВЧ 60–2: **Відливка ВЧ 60–2 ГОСТ 7293–79.**

### 9.3. Використання сталей

Сталі представляють собою сплави заліза з вуглецем (від 0,4 % до 2 %). Сталь дуже широко використовується в машинобудуванні. Висока міцність, пластичність, здатність до термічної та хіміко-термічної обробки дозволяють використовувати сталі різних марок у всіх галузях народного господарства. Сталі залежно від складу поділяються на вуглецеві та леговані, а залежно від призначення на: конструкційні, інструментальні, корозійностійкі, жаростійкі тощо.

Конструкційні сталі поділяють на наступні групи:

– вуглецеві звичайної якості позначають Ст.3, Ст.6. Номер сталі цієї групи відповідає одній десятій мінімального значення межі міцності при розтяганні. Сталі цієї групи термічно не обробляються і застосовуються для виготовлення кріпильних деталей, куточків, швелерів і деталей, що вимагають у процесі їхнього виготовлення значних деформацій, а також для зварних конструкцій, для деталей з малим навантаженням без тертя, кожухів кришок, прокладок;

– вуглецеві підвищеної якості. До цієї групи можна віднести автоматні сталі (А12; А15), що відрізняються підвищенням вмістом сірки. Ці сталі застосовують для виготовлення деталей, оброблених на металорізальних верстатах-автоматах, а також деталей складної конфігурації, а саме: човник, шпультримач, шпульний ковпачок та ін. Ці деталі піддаються цементації з наступним загартуванням.

– вуглецеві якісні конструкційні сталі позначаються, наприклад, сталь 10, сталь 20 і т.д. до сталі 50. Ці сталі застосовуються для виготовлення невеликих деталей з наступною термообробкою. Дуже широко для сталей цієї групи застосовується поверхнева хіміко-термічна обробка (ціанування, хромування та ін.). Сталь 25 використовують для виготовлення валів, втулок, упорів, пальців, осей а сталь 45 – для виготовлення середньонавантажених деталей – шліцьових валів, шпонок, втулок, вилок, роликів, цапф, зубчастих коліс, шпинделів;

– леговані сталі застосовуються для виготовлення деталей, що повинні бути високоміцними або мати специфічні властивості (антикорозійні, жаростійкі, підвищена пружність і т.д.). Леговані сталі застосовуються дуже широко, але варто мати на увазі, що вони мають високу вартість, і без достатньої необхідності їх призначати не слід.

Легування сталей полягає в додаванні легуючих елементів, що позначаються наступними буквами: У – вольфрам, Г – марганець, Д – мідь, М – молібден, Н – нікель, Р – бор, З – кремній, Т – титан, Х – хром, Ф – ванадій, Ю – алюміній. Цифри, що стоять перед буквами, означають число сотих часток відсотка вуглецю, а після букв – процентний вміст відповідного легуючого елемента. Якщо після букви цифра не стоїть, то цього елемента в сталі міститься близько 1 %. Наприклад, сталь 12ХН4А – хромонікелева сталь з вмістом вуглецю 0,12 %, хрому 1 %, нікелю 4 %. Буква А позначає високоякісну сталь підвищеної чистоти з поліпшеними механічними властивостями.

Зі сталі У10 (без термообробки) виготовляють ходові гвинти (з термообробкою) втулки, різальний інструмент. Сталь 20Х (цементація, загартування в маслі) – зубчасті колеса, кулачкові муфти, направляючі планки, плунжери, вали в підшипниках ковзання. Сталь 45Х (загартування та високий відпуск) – вали в підшипниках кочення, зубчасті колеса. Сталь 12ХН3А (цементація, загартування в маслі) – деталі з силовим навантаженням з високими швидкостями: зубчасті колеса складної конфігурації, кулачки, муфти, черв'яки.

Сортаменти конструкційної сталі: лист, смуга (полоса), прутки, коло, кутник, швелер, двотавр. Подалі наведені приклади позначення сталей, що наводяться в кутових штампах креслень деталей [11].

$$\tilde{N}i \text{ óàà} \frac{10 \times 70 \tilde{A}i \tilde{N}0103 - 76}{\tilde{N}0.3 \tilde{A}i \tilde{N}0535 - 79}.$$

Це смугова сталь товщиною 10 мм за ГОСТ 103–76, марка сталі Ст. 3 за ГОСТ 380–71, що поставляють за технічними вимогами ГОСТ 535–79.

$$\tilde{E}áààðà0 \frac{\hat{A} - 46 \tilde{A}i \tilde{N}02591 - 71}{18\tilde{O}\tilde{A}\tilde{O} - \emptyset - \grave{a} - \grave{O} \tilde{A}i \tilde{N}04543 - 71}.$$

Це гарячекатана сталь звичайної точності прокатки (В), зі стороною квадрата 46 мм, особливо високоякісної марки 18ХГТ–Ш, для гарячої обробки тиском (підгрупа а), термічно оброблена (Т).

$$\grave{I} \text{ ðóóí} \acute{e} \frac{15 - 4 \tilde{A}i \tilde{N}07417 - 75}{40\tilde{O}\tilde{I} \grave{I} \grave{A} - \acute{I} - \grave{I} - \acute{A} \tilde{A}i \tilde{N}04543 - 71}.$$

Це сталь калібрована, діаметром 15 мм, класу точності чотири, високоякісна марка 40ХНМА, що поставляють у загартованому стані (Н), з контролем механічних властивостей (М), якості поверхні Б за ГОСТ 1051–73.

#### 9.4. Кольорові метали та сплави

Алюмінієві сплави (силуміни) марки АЛ-4, АЛ-6, АЛ-8. З них методом лиття під тиском виготовляють огороження, малонавантажені деталі, шківни, корпуси побутових швейних машин тощо.

Магнієво-алюмінієві сплави марки МЛ–3, МЛ–4, МЛ–5 застосовуються для виготовлення шатунів, важелів та інших деталей швидкохідних швейних машин. Для підвищення зносостійкості в шарнірах встановлюють голчасті підшипники. Застосування легких сплавів значно знижує вагу машин і зменшує витрати на їхнє виготовлення.

Бронзи, основним компонентом яких є мідь, залежно від легуючих добавок поділяються на олов'яні, свинцеві, алюмінієві. Бронзи є антикорозійними, мають високі антифрикційні властивості, добре обробляються різанням.

Олов'яні бронзи застосовують для виготовлення підшипників ковзання там, де вали не обробляються термічно, вони дорогі, і тому їх застосування обмежене. Безолов'яні бронзи найбільш часто і широко використовуються як недорогий і якісний антифрикційний матеріал.

Латуні добре протистоять корозії і легко обробляються тиском, з латуні виготовляють труби, дрiт, листи тощо.

## 9.5. Неметалічні матеріали

**Пластмаси** у машинобудуванні легкої промисловості застосовують для виготовлення ручок, шестірень, шківів, стійок, покриттів, тому, що вони мають високу міцність і здатність гасити енергію вібрацій. Пластмаси використовують також для декоративної обробки.

Пластмаси поділяються на дві групи: термореактивні (неплавкі після виготовлення деталі) і термопластичні (допускають повторне деформування). Залежно від виду наповнювача розрізняють шаруваті, композиційні і литі пластмаси. Вироби з пластмас виготовляють литтям під тиском, пресуванням, простим литтям і механічними способами. Недоліки пластмас – низька теплостійкість, повзучість, старіння. Основні види пластмас, які застосовують у цей час: текстоліт, гетинакс, склотекстоліт, оргскло, волокніт, вініпласт, фторопласт, капрон, поліформальдегідні пластмаси.

Для виготовлення прокладок, амортизаторів, манжет та інших деталей, а також для електроізоляції проводів і подачі повітря та води в преси у машинобудуванні легкої промисловості досить широко застосовується  **гума**.

Для теплоізоляції, електроізоляції, для виготовлення гальмових накладок і т.д. використовується азбест. Волокна азбесту мають високу міцність на розрив ( $300 \text{ кгс/см}^2$ ), високі діелектричні властивості, низьку теплопровідність.

Для виготовлення електроконтактів, вкладишів підшипників, а також для змащення застосовується графіт. Він має невеликий коефіцієнт тертя, високу електро-, теплопровідність та високу теплостійкість (температура плавлення близько  $4000 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Матеріал деталі вказують в основному надписі креслення у відповідності з позначенням, встановленим стандартом на матеріал. Вказують не більше одного виду, найменування та одної марки матеріалу. Якщо для виготовлення деталі передбачено використання заміників матеріалу, їх вказують в технічних вимогах або технічних умовах на виріб.



### Питання для самоконтролю

1. Перерахуйте основні вимоги, які враховують при виборі матеріалу для виготовлення деталі.
2. Дайте характеристику чавуну та наведіть приклади деталей машин легкої промисловості та побутової техніки, що з них виготовлюють.
3. Наведіть приклади деталей машин легкої промисловості та побутової техніки, що виготовляють із певних марок сталей.
4. Які бронзи використовують для виготовлення підшипників ковзання у випадку, коли вали не обробляються термічно?
5. Назвіть властивості азбесту та графіту.
6. Назвіть з якого матеріалу виготовлюють електроконтакти.
7. Як позначають матеріали на кресленні?

*Література:* [10, 11]

## Тема 10.

# Психофізіологічні принципи організації роботи оператора

---

- Загальні положення
- Ергономічні властивості людини
- Організація робочого місця оператора
- Вплив виробничого середовища на роботу оператора
- Раціоналізація діяльності оператора

### 10.1. Загальні положення

При проектуванні ефективної конструкції машин та апаратів для забезпечення надійності конструкції необхідно враховувати вплив людського фактора, тобто потрібно розглядати систему “людина–машина”.

Проектування системи “людина–машина” базується на досягненнях інженерної психології, яка вивчає об’єктивні закономірності процесів інформаційної взаємодії людини та техніки з метою використання їх у практиці проектування, створення і експлуатації системи “людина–машина”.

Ергономіка вивчає функціональні можливості та обмеження людини в трудових процесах з метою створення для неї досконалих знарядь і оптимальних умов праці. Оптимальність визначається створенням таких умов, за яких забезпечується висока продуктивність, стійка працездатність і зберігається здоров’я працівника.

Структура діяльності людини-оператора має специфічні особливості, які полягають у тому, що оператор взаємодіє з предметом праці (об’єктом управління) через інформаційну модель, тобто через систему технічних засобів, і впливає на об’єкт через систему технічних засобів (органів управління) [12]. У системі “людина–машина” людина є центральною ланкою системи керування, і її діяльність можна представити як послідовність чотирьох основних етапів: прийом інформації її оцінка та переробка, ухвалення рішення та реалізація його прийняття.

Перші два етапи називають інформаційним пошуком (тобто одержання та переробка інформації) і розглядають як підготовчі до здійснення двох наступних етапів, які об’єднують поняття обслуговування (реалізація рішення) [13]. Кожному з етапів властивий певний зміст, виконувані дії та фактори, що впливають на здійснення цього етапу. Фактори, що впливають на ефективність операторської діяльності можна поділити на дві групи – об’єктивні та суб’єктивні.

До *суб’єктивних* відноситься [12]:

- стан оператора;
- індивідуальні особливості (психофізіологічні властивості, морально-психологічні якості, медичні показники);
- рівень підготовки.

*Об’єктивні* поділяються на дві групи: середовищні та апаратурні.

До *середовищних* відносяться:

- умови середовища, які повинні враховуватись на етапі проектування та експлуатації технічних засобів (заселеність, особливості ландшафту);
- об'єктивні умови ситуації, що пов'язані з діяльністю оператора в різних обставинах (нічна зміна, аварійна ситуація);
- організація діяльності, що пов'язана з розробкою режимів роботи, встановленням тривалості та кількості робочих змін.

До *апаратурних* відноситься: організація робочого місця; потік інформації; контроль за діяльністю.

## 10.2. Ергономічні властивості людини

Ергономічні властивості людини характеризуються її антропометричними, фізіологічними, психофізіологічними, психологічними властивостями. Ці властивості визначають ергономічні вимоги до комплексу “машина–середовище”. Основними ергономічними вимогами до проектування системи “людина–машина–середовище” є гігієнічні, антропометричні, фізіологічні, психофізіологічні, психологічні [12–14].

*Гігієнічні вимоги* визначають умови життєдіяльності т працездатності людини в процесі взаємодії з технікою і середовищем. Показниками є рівень освітлення, температура, вологість, шум, вібрація, токсичність, загазованість тощо.

*Антропометричні вимоги* визначають відповідність конструкцій техніки антропометричним характеристикам людини (зріст, розміри тіла і окремих рухових ланок). Показниками є раціональна робоча поза, оптимальні зони досягнення, раціональні трудові рухи).

*Фізіологічні та психофізіологічні* вимоги визначають відповідність техніки і середовища функціональним можливостям працівника (силовим, швидкісним, енергетичним, зоровим, слуховим). Показниками є темп робочих рухів, обсяг інформації, навантаження на м'язову та нервову системи.

*Психологічні* вимоги визначають відповідність техніки і середовища можливостям працівника щодо сприймання, переробки інформації, прийняття і реалізації рішень.

Сукупність ергономічних показників характеризує ергономічний рівень системи “людина–техніка–середовище”.

Погодження характеристик людини і предметного середовища здійснюється в просторовому, часовому, інформаційному, енергетичному напрямках.

*Просторове* погодження передбачає організацію робочого місця працівника, робочу позу, визначення зон досягнення, траєкторії рухів, доступність органів керування тощо.

*Часове* погодження враховує динаміку працездатності з виконанням роботи, її темпу, інтенсивності, зміною діяльності та відпочинком.

*Інформаційне* погодження пов'язане з оцінкою потоків інформації та пропускну здатності аналізаторних функцій щодо сприйняття і переробки інформації, врахуванням перешкод.

**Енергетичне** погодження враховує вплив трудових навантажень на м'язову, серцево-судинну системи на основі встановлення оптимального обсягу рухової діяльності, величини м'язових зусиль залежно від умов праці.

### 10.3. Організація робочого місця оператора

**Робоче місце оператора** – це місце в системі “людина–техніка”, оснащене засобами відображення інформації, органами керування і допоміжним обладнанням, на якому здійснюється його трудова діяльність. Правильна організація робочого місця передбачає розв’язання таких основних завдань як:

- вибір раціональної робочої пози;
- раціональне розміщення індикаторів і органів керування у відповідності з їх важливістю і частотою користування в межах поля зору і зон досягання;
- забезпечення оптимального обзору робочого місця;
- відповідність конструкції технічних пристроїв і робочих меблів антропометричним, фізіологічним і психологічним характеристикам людини;
- відповідність інформаційних потоків можливостям людини щодо сприймання і переробки інформації;
- забезпечення сприятливих санітарно-гігієнічних умов праці;
- забезпечення умов для відпочинку оператора в процесі роботи.

Основа робочого місця оператора здебільшого складає **пульт управління**. Він може бути фронтальної, трапецієподібної або багатокутної форми.

Фронтальна форма пультів застосовується тоді, коли є можливість розмістити всі органи керування в межах максимальної та допустимої зон досягання, а індикатори – в межах зони центрального і периферійного бачення.

Трапецієподібна форма пультів використовується в тих випадках, коли органи керування і індикатори неможливо розмістити на пульті фронтальної форми. У цьому разі вони частково розміщуються на бокових панелях під кутом 90–120° відносно фронтальної панелі.

Багатокутна або напівкругла форма пультів застосовується при наявності великої кількості засобів відображення інформації і органів керування. Бокові панелі розміщуються перпендикулярно до лінії обзору оператора.

При великій кількості індикаторів, інформаційна панель або табло можуть розміщуватися окремо від пульта управління, який, проте, не повинен закривати розміщені на панелі прилади.

### 10.4. Вплив виробничого середовища на роботу оператора

Безпосередній вплив на функціональний стан і працездатність оператора, а також надійність, швидкість і точність його роботи має **виробниче середовище**. Воно може бути комфортним, відносно дискомфортним, екстремальним та надекстремальним.

Комфортне виробниче середовище забезпечує оптимальну динаміку працездатності людини і збереження її здоров’я.

Відносно дискомфортне виробниче середовище протягом певного часу забезпечує задану працездатність і збереження здоров'я працівника, однак викликає у нього неприємні суб'єктивні відчуття та функціональні зміни, які не виходять за межі норми.

Екстремальне виробниче середовище призводить до зниження працездатності оператора і викликає функціональні зміни, які виходять за межі норми, але не ведуть до патологічних змін.

Надекстремальне виробниче середовище призводить до патологічних змін в організмі працівника і створює неможливість виконання роботи.

З метою зменшення несприятливого впливу елементів виробничого середовища на оператора при проектуванні системи "людина–техніка–середовище" необхідно враховувати такі вимоги:

- нормовані виробничі елементи при їх комплексній взаємодії не повинні негативно впливати на здоров'я людини при професійній діяльності протягом тривалого часу (роки);

- допустимі параметри несприятливих факторів за тривалістю та інтенсивністю впливу не повинні викликати протягом робочого дня зниження надійності та ефективності діяльності оператора.

## 10.5. Раціоналізація діяльності оператора

Раціоналізація діяльності оператора виходить з її алгоритмічного описування, тобто сукупності *елементарних актів*. Такими елементарними актами є оперативні одиниці сприймання або витягнення з пам'яті образів, понять, суджень, а також дії (прості або складні), які мають закінчений характер в діяльності оператора. До останніх відносяться відлік показань прикладів, обчислювальні операції, включення тумблерів і т.п.

Оперативні одиниці можуть бути двох видів: логічні (образ, поняття, судження), які використовуються як інформаційні одиниці; оператори, тобто ті чи інші дії людини.

Раціоналізація праці оператора передбачає оптимізацію інформаційних потоків, раціоналізацію трудових рухів і дій та відповідну організацію робочого місця. Інформація про стан керованого об'єкта поступає від *засобів відображення інформації* (ЗВІ), якими є різні прилади і які формують сенсорне поле на робочому місці. За функціями інформації ЗВІ поділяються на командні (цільові) і ситуаційні. Перші дають відомості про необхідні дії для досягнення мети, другі – інформацію щодо протікання технологічного процесу та описують наявну ситуацію.

За способом використання показників ЗВІ поділяються на три групи:

- для контрольного читання. Оператор встановлює наявність чи відсутність умов роботи, норму чи відхилення від неї якихось параметрів;

- для кількісного читання. Ці індикатори передають інформацію у вигляді числових значень;

- для якісного читання. Інформація вказує на напрям зміни керованого параметра.

За формою сигналів розрізняють абстрактні ЗВІ, які передають інформацію у вигляді символів (цифри, букви, геометричні фігури), і ЗВІ, які передають інформацію у формі зображення об'єктів, властивостей.

За рівнем деталізації інформації ЗВІ можуть бути інтегральними і детальними. На інтегральних індикаторах інформація видається в узагальненому вигляді. Засоби відображення інформації є технічною основою для побудови інформаційної моделі процесу керування.

Інформаційна модель повинна відповідати таким вимогам за: змістом адекватно відображати об'єкти керування і навколишнє середовище; кількістю інформації забезпечувати оптимальний інформаційний баланс і запобігати як дефіциту, так і перевантаженню інформацією оператора; формою і композицією відповідати завданням оператора щодо управління і його психофізіологічним можливостям щодо сприймання і переробки інформації.

**Системи відображення інформації** виконуються у вигляді табло, мнемосхем, приладних панелей і щитів. Відповідність швидкості інформації, що надходить, пропускній здатності оператора забезпечується шляхом організації потоків інформації. Для зменшення перевантаження інформацією необхідно:

- подавати інформацію завчасно, до початку виконання дій;
- зменшити потік інформації до необхідного мінімуму;
- передбачити можливість фільтрації інформації, тобто дати можливість оператору відбирати дані відповідно до умов роботи;
- виділити максимально можливий час для прийняття рішення;
- зберігати на індикаторі інформацію за бажанням оператора протягом необхідного часу.

Всі **сигнали**, які надходять до оператора, поділяють на: аварійні; важливі відхилення від технологічного режиму, які можуть перейти в аварію; відхилення другорядних технологічних параметрів і техніко-економічних показників; незначні порушення правил технічної експлуатації.

Насамперед мають з'являтися сигнали, які вимагають екстреного втручання. Останні сигнали подаються почергово, по мірі обробки найбільш важливих. Аварійні сигнали подаються негайно в оптимальну зону сприймання (центральна панель). Якщо в цей час з'являються сигнали другої групи, то вони надходять до периферійної зони сприймання. Сигнали третьої і четвертої груп в цей час затримуються в пам'яті машини.

При компонованні приладів необхідно враховувати важливість, послідовність, частоту і тривалість використання кожного з них. Для компоновання засобів відображення інформації необхідні наступні принципи:

– лаконічності (засіб містить лише ті елементи, які необхідні для забезпечення оператора інформацією про стан об'єкта і вибору оптимального способу впливу);

– узагальнення і уніфікації означає, що не слід виносити на засоби відображення елементи, які позначають несуттєві конструктивні особливості керованих об'єктів;

- акценту на елементах контролю і керування. Це значить, що незалежно від розмірів цих елементів їх символи повинні виділятися дуже чітко;
- автономності. Засоби відображення, які відповідають автономно контрольованим і керованим агрегатам і об'єктам, необхідно відокремити від інших;
- принцип просторового співвідношення елементів контролю і керування (розміщення індикаторів має бути погоджено з розміщенням відповідних їм органів керування);
- принцип використання звичних асоціацій (доцільно застосувати символи, які асоціюються з об'єктами і явищами, які вони позначають).

**Управлінські дії** оператор виконує за допомогою органів керування, здійснюючи відповідні рухи. Органи керування у вигляді важелів, ручок, маховиків, тумблерів, кнопок і т.п. формують моторне поле на робочому місці оператора. Моторні дії пов'язані з виконанням оператором таких завдань:

- включення, виключення і переключення;
- послідовне виконання рухів для здійснення операцій кодування і передачі інформації;
- маніпулювання з органами керування для настроювання апаратури і точного встановлення керованого об'єкта;
- операції стеження за рухомим об'єктом.

**Рухи оператора** характеризуються швидкістю, темпом, силою, точністю. Встановлено, що максимальний темп кругових рухів становить  $4,0\text{--}4,8\text{ с}^{-1}$ ; ударних рухів – від 5 до 14 ударів/с. При збільшенні зусиль темп зменшується. До просторових характеристик рухів оператора відносяться розміри моторного поля (зони досягання) і траєкторії рухів. Розміри моторного поля для оператора визначаються довжиною витягнутої руки. В моторному полі розрізняють три зони – максимального, допустимого і оптимального досягання. У зонах оптимального і допустимого досягання можливі найбільш точні і швидкі рухи. У зоні максимального досягання точність і швидкість рухів зменшуються, а втома настає швидше.

Залежно від зусиль і точності рухів в зонах допустимого і оптимального досягання існують певні раціональні рівні. Важелі, які для переміщення вимагають великих зусиль, необхідно розміщувати на нижніх рівнях оптимальної зони. Силві характеристики рухів повинні враховуватися при виборі протидії органів керування.

**Органи керування** використовуються: для введення командної інформації; встановлення необхідних режимів роботи апаратури; регулювання різних параметрів; виклику інформації з метою контролю.

Залежно від призначення і характеру використання органи керування поділяються на: оперативні (основні), які використовуються постійно; використовувані періодично (для включення, виключення або контролю); використовувані епізодично (для настроювання, регулювання).

**Розміщення органів керування** здійснюється з врахуванням принципу економії рухів. Це означає, що кількість і траєкторії рухів необхідно звести до мінімуму, а самі рухи повинні бути ритмічними.

Оперативні, тобто найбільш важливі і часто використовувані органи керування, необхідно розмішувати в межах оптимальної зони досягання. Допоміжні органи керування можуть знаходитися в межах допустимої і навіть максимальної зон досягання. Епізодично використовувані органи керування можна розмішувати і за межами зон досягання або сховати під лицьовою чи боковою панеллю пульта управління.

Органи керування повинні мати достатню протидію, щоб уникнути випадкового їх вмикання під вагою руки чи ноги.

Ручне керування більш доцільне тоді, коли необхідна висока точність і швидкість встановлення органа керування в певне положення і непотрібно тривалий час прикладати великі зусилля. Ніжне керування застосовується для розвантаження рук і економії часу при великій кількості органів керування, невеликій точності регулювання і значних м'язових зусиллях.

**Розміщення засобів відображення інформації і органів керування** на робочому місці оператора здійснюється з додержанням таких принципів:

- функціональності – інформаційні пристрої і органи керування, які виконують однакові функції, розміщуються недалеко один від одного;
- важливості – найбільш важливі інформаційні пристрої і органи керування розміщуються в місцях, найбільш зручних для спостереження і обслуговування;
- черговості – інформаційні пристрої і органи керування розміщуються в тій послідовності, в якій вони використовуються;
- частоти використання – інформаційні пристрої та органи керування розміщуються з врахуванням частоти їх використання.

Правильне компонування засобів відображення інформації і органів керування підвищує ефективність і надійність роботи оператора.

### **Питання для самоконтролю**

1. Назвіть фактори, що впливають на ефективність операторської діяльності.
2. Перерахуйте та дайте характеристику ергономічним вимогам, що висуваються до комплексу “машина–середовище”.
3. У яких напрямках здійснюється погодження характеристик людини і предметного середовища?
4. У чому полягає правильна організація робочого місця оператора?
5. Як впливає виробниче середовище на працездатність людини-оператора?
6. Як засоби відображення інформації впливають на працездатність людини-оператора?
7. Які ви знаєте системи відображення інформації?
8. Дайте характеристику оптимальним рухам оператора.
9. Як повинні розміщуватись органи керування?

**Література:** [12–14]



## Література

---

1. Лебедев В. С. Расчеты и конструирование типовых машин и аппаратов бытового назначения : учеб. для вузов / В. С. Лебедев. – Москва : Легкая промышленность, 1982. – 328 с.
2. Лебедев В. С. Технологические процессы машин и аппаратов в производствах бытового обслуживания : учеб. для вузов / В. С. Лебедев. – Москва : Легпромбытиздат, 1991. – 336 с.
3. Дипломний проект : методичні вказівки для студентів спеціальностей “Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування”, “Електропобутова техніка” / М. Є. Скиба [та ін.]. – Хмельницький : ХНУ, 2008. – 40 с.
4. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин : підручник / Я. Т. Кіницький. – Київ : Наукова думка, 2002. – 660 с.
5. Сапронов Ю. Г. Расчет и конструирование технологического оборудования фабрик по ремонту и индивидуальному пошиву обуви : учеб. пособ. для вузов / Ю. Г. Сапронов. – Москва : Леспромбытиздат. 1986. –128 с.
6. Борисов В. И. Общая методика конструирование машин / В. И. Борисов. – Москва : Машиностроение, 1978. – 120 с.
7. Дитрих Я. Проектирование и конструирование. Системний поход / Я. Дитрих ; пер. с польського. – Москва : Мир, 1981. – 266 с.
8. Лоцманенко В. В. Проектирование и конструирование (основы) : учеб. пособие / В. В. Лоцманенко, Б. Е. Кочегаров. – Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2004. – 96 с.
9. Орлов П. И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие / П. И. Орлов. – Москва : Машиностроение, 1977. – 574 с.
10. Вальщиков Н. М. Расчет и проектирование машин швейного производства / Н. М. Вальщиков, Б. А. Зайцев, Ю. Н. Вальщиков. – Ленинград : Машиностроение : Ленинградское отделение, 1973. – 344 с.
11. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора / Р. И. Гжиров. – Ленинград : Машиностроение, 1983 – 464 с.
12. Гоян І. М. Основи інженерної психології : навч.-метод. посібник / І. М. Гоян, О. О. Семак. – Івано-Франківськ : Плай, 2006. – 106 с.
13. Ложкин Г. В. Практическая психология в системах “человек–техника” : учеб. пособие / Г. В. Ложкин, Н. И. Пovyакель. – Киев : МАУП, 2003. – 296 с.
14. Трофімов Ю. Л. Інженерна психологія : підручник / Ю. Л. Трофімов. – Київ : Либідь, 2002. – 264 с.

## Зміст

---

<b>Вступ</b> .....	3
<b>Тема 1.</b> Організаційні основи проектування технічних систем.....	5
<b>Тема 2.</b> Основні техніко-економічні характеристики та показники якості конструкції .....	8
<b>Тема 3.</b> Загальні принципи проектування та розрахунку технологічних процесів.....	11
<b>Тема 4.</b> Основні види конструкторської документації .....	17
<b>Тема 5.</b> Розробка структурних схем машини.....	28
<b>Тема 6.</b> Розробка кінематичних схем машини .....	28
<b>Тема 7.</b> Загальне компонування машин і складальних одиниць.....	31
<b>Тема 8.</b> Конструювання складальних одиниць та деталей.....	38
<b>Тема 9.</b> Матеріали деталей машин легкої промисловості та побутової техніки.....	43
<b>Тема 10.</b> Психофізіологічні принципи організації роботи оператора.....	48
<b>Література</b> .....	55

Формули 10, рисунки 418,38 см<sup>2</sup>, знаки 115775