

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Запорізький національний технічний університет**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до практичних занять  
з курсу "Технології обробки типових деталей та  
складання машин"

**ЧАСТИНА 1**  
для студентів спеціальності  
131 «Прикладна механіка»  
ОП "Технології машинобудування"  
всіх форм навчання

**2019**

Методичні вказівки до практичних робіт з курсу "Технології обробки типових деталей та складання машин" Частина 1 для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» ОП "Технології машинобудування" всіх форм навчання / Укл.: В.В.Кононов, В.О. Логомінов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 44 с.

Укладачі: В.В. Кононов, к.т.н., доцент  
В.О. Логомінов, к.т.н., доцент

Рецензент: П.А.Каморкін, к.т.н., доцент.

Відповідальний за випуск: С.І. Дядя, к.т.н., доцент

Затверджено  
на засіданні кафедри  
«Технології машинобудування»

Протокол № 1  
Від « 21 » 08 2018 р.

Рекомендовано до видання  
НМК Машинобудівного факультету

Протокол № 1  
Від « 12 » 09 2018 р.

## ЗМІСТ

### ЧАСТИНА 1

<b>Загальні відомості до виконання практичних занять ...</b>	6
<b>Практичне заняття № 1 (2 години) Визначення початкових параметрів складальної одиниці.....</b>	9
1.1 Опис конструкції і призначення складального вузла. Його діагностика. Аналіз технологічності .....	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації складальних робіт.....	11
<b>Практичне заняття №2 (2 години). Визначення технологічних параметрів складання.....</b>	12
2.1 Розробка і нормування технологічного процесу складання.....	12
2.2 Вибір методу забезпечення заданої точності при складанні. Розрахунок розмірного ланцюга .....	15
<b>Практичне заняття №3 (2 години). Визначення початкових параметрів виготовлення деталі.....</b>	20
3.1 Службове призначення деталі.....	20
3.2 Визначення типу виробництва виготовлення деталі .....	21
3.3 Вибір методу виготовлення заготовки .....	22
<b>Практичне заняття №4 (2 години). Складання планів обробки елементарних поверхонь деталі.....</b>	25
<b>Практичне заняття №5 (2 години). Призначення операційних припусків та розрахунок виконавчих розмірів .....</b>	27
<b>Практичне заняття №6 (2 години). Встановлення режимів та визначення норм часу обробки.....</b>	29
6.1 Етапи визначення режимів різання .....	29
6.2 Нормування операцій механічної обробки .....	33
<b>Практичне заняття №7 (2 години). Визначення технологічного оснащення.....</b>	35
7.1 Класифікація пристосувань.....	35
7.2 Порядок проектування пристосувань .....	36
7.3 Розрахунок економічної ефективності .....	37
<b>Практичне заняття №8 (2 години). Визначення послідовності складання та розрахунок розмірних ланцюгів.....</b>	39
8.1 Креслення складальної одиниці і креслення графічного зображення до розрахунку розмірного ланцюга .....	39

8.2 Технологічна схема складання (схема конструктивно-складальних елементів .....	40
8.3 Креслення графічного зображення технологічного процесу складання вузла .....	43
<b>Практичне заняття №9 (2 години). Визначення особливостей креслення...</b> .....	43
9.1 Креслення деталі .....	43
9.2 Креслення заготовки .....	44
<b>Практичне заняття №10 (2 години). Визначення технічних вимог до деталей та складальних одиниць.</b> .....	43
10.1 Графічне зображення маршруту обробки заготовки ...	43
10.2 Складальне креслення пристосування .....	44
<b>ЧАСТИНА 2</b>	
<b>Практичне заняття №11 (2 години). Визначення складу технологічної документації.</b> .....	49
11.1 Технологічна документація на технологічний процес складання (розбирання) .....	49
11.2 Технологічні карти на технологічний процес механічної обробки деталей .....	52
<b>Практичне заняття №12 (2 години). Виявлення вимог до оформлення окремих позицій технологічної документації.</b> .....	60
12.1 Вимоги до оформлення титульної сторінки .....	60
12.2 Вимоги до складання реферату .....	61
12.3 Оформлення змісту .....	61
12.4 Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів .....	62
12.5 Вимоги до основної частини звіту .....	62
12.6 Вимоги до оформлення переліку посилань .....	63
12.7 Вимоги до викладення додатків .....	63
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b> .....	65
Додаток А. Приклад оформлення титульної сторінки звіту..	66
Додаток Б. Приклад оформлення змісту звіту .....	67
Додаток В. Схема отримання необхідної точності зовнішніх та внутрішніх (продовження додатку В) циліндричних поверхонь за допомогою операцій механічної обробки .....	68
Додаток Д. Приклад оформлення специфікації .....	70
Додаток Ж. Зміни № 2 ГОСТ 2.305-68 «Изменения – вида,	

разреза, сечения». Дата введення 01.01.90 р. ....	72
Додаток К. Приклади оформлення технологічної докумен- тації (технологічних карт) .....	72
Додаток Л. Приклад типового технологічного процесу ви- готовлення деталей.....	88

## **Загальні відомості до виконання практичних занять**

Під “технологією обробки типових деталей та складання машин” розуміють розділ спеціальної частини наукової дисципліни "технологія машинобудування", що вивчає переважно процеси механічної обробки деталей і складання машин і попутно торкається питань вибору заготовок і методів їх виготовлення, тому що в машинобудуванні задані форми деталей з необхідною точністю і якістю поверхонь одержують в основному шляхом механічної обробки, тому що інші способи обробки не завжди можуть забезпечити виконання цих технічних вимог. У процесі механічної обробки деталей машин виникає багато проблемних питань, зв'язаних з необхідністю виконання технічних вимог, поставлених конструкторами перед виробництвом. Процес механічної обробки зв'язаний з експлуатацією складного устаткування; трудомісткість і собівартість її більше, ніж інших етапів процесу виготовлення машин. Тому вивчення питань технології механічної обробки і складання, що впливають на виробничу діяльність підприємства у найбільшій мірі, викликає найбільший інтерес.

### **Мета та задачі практичних занять**

Мета практичних занять – навчити студентів практичним навичкам в рішенні задач, зв'язаних з розробкою технологічних процесів виготовлення деталей і складання вузлів машин і механізмів.

Практичні заняття містять елементи курсового проекту і комплекс розрахунково-графічних робіт з технологічної підготовки виробництва і повинен вирішити наступні основні задачі:

а) закріпити теоретичні знання, отримані при вивченні дисциплін, розширити технічний кругозір, використовуючи додаткову спеціальну літературу;

б) навчити самостійно проектувати технологічні процеси і заповнювати технологічну документацію, виконувати інженерно-технічні розрахунки по визначенню методу забезпечення точності складання, режимів різання, норм часу обробки і складання та інше;

в) виконувати силові розрахунки під час проектування пристроїв для складання вузлів або пристосування для обробки деталей.

Практичні заняття є підготовкою до виконання технологічної

частини курсового та дипломного проекту.

### **Тема й обсяг практичних занять**

Вихідні дані до практичних занять: креслення складальної одиниці і річна програма випуску виробу.

Практичні заняття складається з трьох частин:

- а) розробка технологічного процесу складання (розбирання, ремонту) складальної одиниці;
- б) розробка технологічного процесу механічної обробки однієї деталі зі складальної одиниці;
- в) конструювання пристосування для складання, розбирання, ремонту вузла або для механічної обробки деталі на одній з операцій.

Звіт з практичних занять повинен містити:

- а) текст обсягом 35-40 сторінок рукописного тексту;
- б) технологічну документацію, оформлену на спеціальних бланках.

Графічна частина практичних занять містить:

- а) креслення графічного зображення технологічного процесу складання складальної одиниці (A4);
- б) креслення деталі (A4);
- в) креслення графічного зображення технологічного процесу механічної обробки деталі (A2);

За узгодженням з викладачем рекомендується креслення деталі, технологічної схеми складання виконувати в звіті і розташовувати або по тексту, або в додатку.

**Звіт** з практичних занять повинен містити в собі: титульний лист, реферат, зміст, перелік умовних позначок, символів, одиниць, скорочень і спеціальних термінів з їхнім визначенням, вступ, основну частину, висновок, перелік посилань і додатки. Правилам і вимогам щодо оформлення звіту присвячена тема 5 даних методичних вказівок. Основна частина в звіті повинна містити наступні питання:

#### **Технологія складання:**

- а) службове призначення й опис конструкції складальної одиниці, її діагностика; аналіз технологічності;
- б) розрахунок такту випуску і вибір типу виробництва; вибір організаційної форми складання;
- в) розробка плану складальних робіт (їх нормування), технологі-

чного процесу складання;

**Технологія виготовлення деталі:**

- а) службове призначення, умови роботи та конструкція деталі;
- б) вибір способу одержання заготовки;
- в) складання плану обробки елементарних поверхонь деталі; вибір припусків, допусків і розрахунок виконавчих розмірів за технологічними переходами на прикладі 1-2 поверхонь деталі;
- г) складання маршрутної технології обробки деталі, вибір устаткування;
- д) розрахунок режимів різання і норм часу на одну з операцій механічної обробки.

**Проектування складального (верстатного, діагностичного, контрольного) пристосування або пристрою:**

- а) короткий опис конструкції і принципу роботи пристосування;
- б) розрахунок сили затиску (запресовування, обтиснення і т.п.); визначення геометричних параметрів силового пристрою пристосування (пнеumo- чи гідроприводу, ексцентрика й ін.); розрахунок на "слабку ланку".



## **Практичне заняття № 1 (2 години) Визначення початкових параметрів складальної одиниці**

### **1.1 Опис конструкції і призначення складального вузла. Його діагностика. Аналіз технологічності**

На занятті проводять аналіз вихідних даних: аналіз креслення складальної одиниці на відповідність діючим стандартам, на наявність всіх необхідних видів, розрізів і перетинів; технічних вимог, технологічності; умов роботи, ремонтпридатності і діагностики. Для цього використовують технічні умови з креслення, каталоги, посібники щодо ремонту та експлуатації відповідних виробів. Роботи з діагностики зручно представити у виді таблиці. Якщо відсутня специфікація, її необхідно скласти відповідно до ГОСТ 2.108-68 висотою букв і цифр не менше 3,5 мм (ГОСТ 2.304-6к). Приклад оформлення специфікації показаний у додатку Д.

Одним з факторів, що суттєво впливають на характер технологічних процесів, є технологічність конструкції виробу і відповідних його деталей. Чим менше трудомісткість і собівартість виготовлення виробу, тим більше воно є технологічним.

Конструкцію будь-якої машини визначає насамперед її призначення та ті технічні характеристики, яким вона повинна відповідати в експлуатаційних умовах [1,10]. Поряд з цим до конструкції пред'являють і виробничі вимоги, які повинні забезпечити експлуатаційні властивості машини, що залежать від складання (розбирання), при даному обсязі виробництва шляхом застосування найбільш економічного і раціонального технологічного процесу складання. Технологічність у складанні та розбиранні відноситься насамперед до особливостей з'єднання деталей. Чим простіше операції з'єднання деталей, чим менше трудомістких прийомів і важкодоступних місць при складанні-розбиранні, менше припасувальних робіт, тим більш технологічною буде конструкція. Також має значення вид оснащення, яке застосовується для складальних операцій, інструментів і пристосувань. Знижує технологічність наявність великогабаритних і масивних деталей, для зняття і установки яких потрібні спеціальні піднімальні засоби.

Технологічність залежить також і від кількості деталей, що піддаються в процесі експлуатації інтенсивному зносу, від методів відно-

влення зношених деталей, від співвідношення стандартних і нестандартних деталей, що входять до складу складальної одиниці, тому в курсовому проекті необхідно дати оцінку якісним критеріям технологічності щодо ремонтпридатності та зручності проведення складання, розбирання, діагностики, визначити кількісні критерії технологічності складальних одиниць: коефіцієнти оригінальності, уніфікації і стандартизації (формули (1.1)), коефіцієнт припасувальних робіт (формула (1.2)), і зробити загальний висновок про технологічність даного вузла.

$$\begin{aligned}k_{II} &= \frac{n_{op}}{n_{\Sigma}} \\k_{yn} &= \frac{n_{yn}}{n_{\Sigma}} \\k_{cm} &= \frac{n_{cm}}{n_{\Sigma}}\end{aligned}\quad (1.1)$$

де  $n_{op}$  – кількість оригінальних деталей у вузлі, шт;

$n_{yn}$  – кількість уніфікованих деталей у вузлі, шт;

$n_{cm}$  – кількість стандартних виробів у вузлі відповідно до специфікації, шт;

$n_{\Sigma}$  – загальне число деталей у складальній одиниці, шт.

$$k_{np} = \frac{T_{np}}{T_{cb}}\quad (1.2)$$

де  $T_{np}$  – тривалість припасувальних робіт, хв;

$T_{cb}$  – тривалість усього процесу складання, хв.

Таким чином основними вимогами є: забезпечення можливості суладання без припасувальних робіт (чи при найменшій їх кількості), створення можливості незалежного збирання вузлів виробу, найменша кількість деталей як по найменуванням, так і в штуках, найбільш високий рівень взаємозамінності, стандартизації, уніфікації і нормалізації складальних одиниць і їх виробів, наявність зручних складальних баз.

## 1.2 Вибір типу виробництва і форми організації складальних робіт

Тип виробництва попередньо визначається на початковій стадії проектування в результаті аналізу річної програми випуску. Виробнича програма містить номенклатуру виробів та їх тип; кількість виробів кожного найменування, перелік і кількість запасних деталей, що підлягають ремонту і випуску протягом року. Визначають такт випуску – максимальний інтервал часу, через який потрібно випускати готовий виріб (вузол), щоб забезпечити виконання річної виробничої програми.

Такт випуску визначається за формулою:

$$\tau = \frac{60 \cdot F_0}{N} \cdot k_{ef} \quad (1.3)$$

де  $F_0 = m \cdot A \cdot T_{см}$  – дійсний річний фонд часу роботи устаткування, годин;

$A$  – кількість робочих днів у році;

$T_{см}$  – тривалість зміни, годин;

$m$  – кількість змін в робочому дні;

$N$  – річна програма випуску, шт;

$k_{ef} = 0,94 \dots 0,98$  – коефіцієнт ефективного використання часу.

За отриманим тактом випуску і річній програмі попередньо вибирають тип виробництва: масовий, серійний (крупносерійний, середньосерійний, дрібносерійний), одиничний. Уточнюють тип виробництва за допомогою коефіцієнта закріплення операцій  $k_{з.о.}$ , що характеризує число операцій, закріплених за одним робочим місцем (розрахунок  $k_{з.о.}$  показано в п. 3.2).

Слід зазначити, що серійне виробництво не є однорідним. При значній програмі випуску воно стає крупносерійним і наближається по своїх характеристиках до масового. При зменшенні програми випуску воно здобуває прикмети дрібносерійного, близького до одиничного.

В залежності від особливостей даного виробництва, його типу, вибирають найбільш раціональну форму організації складальних робіт: бригадну, операційну чи потокову; з переміщенням вузлів, що збираються, чи без; описують її переваги і недоліки в конкретному

випадку процесу складання (розбирання).

## Практичне заняття № 2 (2 години) Визначення технологічних параметрів складання

### 2.1 Розробка і нормування технологічного процесу складання

Для чіткої уяви послідовності складання виробу розробляють схему конструктивно-складальних елементів відповідно до п. 8.2. Потім складають перелік слюсарно-складальних, ремонтних, розбірних, робіт, нумеруючи кожний перехід, оформляють таблицю 2.1. Вона дуже зручна для наступного нормування.

Таблиця 2.1 – Перелік слюсарно-складальних і настроювально-регулювальних робіт зі складання карданного вала з проміжним валом і редуктором заднього моста

Номер и найменування переходів	Час $t$ , хв			Примітки
	$t_{он}$	$t_{проб}$	$t_{ум}$	
1	2	3	4	5
1. Узяти карданний вал 1 у зборі, установити на шасі 7, сполучивши отвори фланця карданного вала з отворами фланцю проміжного вала 3.	0,098	0,0098	0,1078	[3], к.38, поз.27н
2. Установити 4 болти 25 в отвори фланців.	$0,025 \times 4 = 0,1$	0,01	0,11	[3], к.52, поз. 2в
3. Установити 4 шайби 37 на болти 25.	$0,019 \times 4 = 0,076$	0,0076	0,0836	[3], к.53, поз.2б
4. Навернути 4 гайки 28 на болти 25 на 2-3 нитки кожний вручну.	$0,064 \times 4 \times 0,8 = 0,205$	0,0205	0,2255	[3], к.54, поз.1з, примітк.
5. Сполучити отвори фланців карданного вала 1 і заднього моста в зборі.	0,098	0,0098	0,1078	[3], к.38, поз.27н

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
...	...	...	...	...
Σ	1,536	0,1536	1,6896	
Норма часу на організаційно-технічне обслуговування робочого місця		$a_{обс}=5\%$		[3], к.1, поз1
Норма часу на відпочинок і особисті потреби робітника		$a_{відн}=6+2=8\%$		[3], к.4, приміт.1

У примітці таблиці 1.1 вказують у квадратних дужках літературне джерело (а також карту і позицію), з якого взяте значення оперативного часу, позиція з буквою визначає індивідуальні характеристики даного складального з'єднання (геометричні, вагові, кількісні й ін.) і особливості прийомів їх виконання (ручні, механізовані, автоматизовані).

Норму штучного часу в умовах **масового і крупносерійного** виробництва знаходять за формулою:

$$t_{шт} = t_{он} + t_{проб} \quad (2.1)$$

де  $t_{он}$  – оперативний час, що включає в себе основний і допоміжний час, хв;

$t_{проб}$  – прибавочний час, хв.

Прибавочний час  $t_{проб}$  знаходять у відсотках від оперативного по формулі:

$$t_{проб} = \alpha \cdot t_{он} \quad (2.2)$$

де  $\alpha = \alpha_{обс} + \alpha_{відн}$  – коефіцієнт, що враховує час на обслуговування робочого місця ( $\alpha_{обс}$ ) та на відпочинок і особисті потреби ( $\alpha_{відн}$ ), %.

Ці коефіцієнти для масового виробництва вибирають по картах 1 і 4 [3].

Норму штучного часу в умовах **середньoserійного** виробництва знаходять за формулою:

$$t_{шт} = t_{он} + t_{проб} + t_{n-3} \quad (2.3)$$

де  $t_{n-3}$  – підготовчо-заклучний час, необхідний для переналагодження устаткування для складання партії інших вузлів або виробів, хв.

Підготовчо-заклучний час  $t_{n-3}$  знаходять у відсотках від оперативного:

$$t_{n-3} = \alpha_{n-3} \cdot t_{on} \quad (2.4)$$

Коефіцієнти  $\alpha_{обс}$  і  $\alpha_{n-3}$  для серійного виробництва знаходять по карті 2, коефіцієнт  $\alpha_{вiдн}$  – по карті 4 (нормативи [3], с.18...1л). Для визначення оперативного часу  $t_{on}$  з урахуванням об'єднання переходів і прийомів, використовують нормативи часу на слюсарно-складальні роботи, з огляду на тип виробництва [2,3].

У випадку проведення розбірних робіт вузла (механізму), що деякий час знаходився в експлуатації, необхідно враховувати технічний стан і час служби машини, тому норми часу вище, і усереднений поправочний коефіцієнт приймають рівним 1,5.

Потім на основі технічних умов складання, типу виробництва і технологічної схеми, технологічні переходи комплектують у складальні операції, тобто розробляють маршрут складання. Його зручно представити у виді таблиці 1.2. Характерно, що першою операцією (чи одним з переходів першої операції) призначається комплектувальна. Далі операції комплектуються так, щоб на кожному робочому місці виконувалися по можливості однорідні і технологічно закінчені роботи. Для потокового складання необхідно синхронізувати час так, щоб тривалість окремих операцій дорівнювала або була кратна такту складання (завантаження устаткування в потоковому виробництві допускається не менше 75%, перевантаження – не більше 2%), не випускаючи з виду зручність виконання прийомів і логічне завершення складальних операцій.

За отриманими результатами виконують графічне зображення технологічного процесу складання (розбирання) вузла поопераційно відповідно до п. 8.3. Також студентам необхідно оформити технологічні карти складального процесу, використовуючи вказівки п. 11.1 і приклади додатка К.

Таблиця 2.2 – Маршрут складання карданного вала з проміжним валом і редуктором заднього моста

№ оп.	Найменування операції	Переходи	Обладнання	$t_{ум}$ , хв	Базова деталь (вузол)
005	Складальна	1-9, 14	Конвеєр	1,11	Шаси
010	Складально-пресова	10-13, 15-20	Конвеєр, стенд складальний	0,5796	Редуктор заднього моста
			Σ	1,6896	

При необхідності, у залежності від типу і форми організації виробництва, визначають кількість складальних робочих місць, коефіцієнт завантаження обладнання по робочих місцях, середній по ділянці коефіцієнт завантаження обладнання; кількість робітників, зайнятих у складанні даного вузла в кожній зміні; а також визначають, за якою схемою розміщені робочі місця на ділянці.

## 2.2 Вибір методу забезпечення заданої точності при складанні. Розрахунок розмірного ланцюга

Пошук найбільш раціонального методу досягнення необхідної точності машини або її складових частин, вивчення взаємозв'язку складальних одиниць машини, розробка послідовності їхньої комплектації – це основні задачі розмірного аналізу, що базується на теорії і практиці рішення розмірних ланцюгів [1,4,5]. При виборі методу досягнення заданої точності необхідно враховувати функціональне призначення виробу, його конструктивні і технологічні особливості, вартість виготовлення і складання, експлуатаційні вимоги, тип виробництва, його організацію й інші фактори.

Існують такі методи досягнення заданої точності при складанні:

- а) метод повної взаємозамінності;
- б) метод неповної взаємозамінності;
- в) метод групової взаємозамінності (селективної зборки);
- г) метод регулювання (компенсаторів);
- д) метод припасування.

Розділяють два методи розрахунку розмірних ланцюгів:

- а) методом максимуму-мінімуму, при якому враховуються тіль-

ки граничні відхилення складових ланок;

б) імовірнісним методом, при якому враховуються закони розсіювання розмірів деталей і випадковий характер їхнього сполучення при складанні.

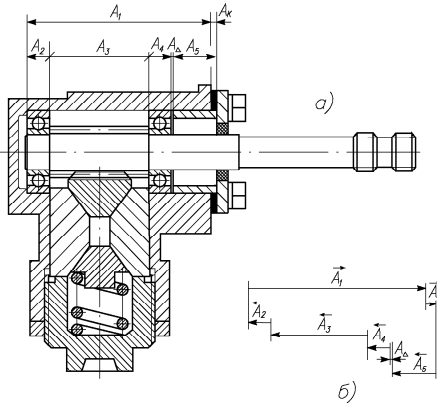


Рисунок 1.1 – Позначення ланок (а) і умвне зображення (б) розмірного ланцюга

На практичному занятті студент, виступаючи в ролі технолога чи конструктора, вирішує пряму чи зворотню задачу розрахунку складального розмірного ланцюга, конкретний вид якого попередньо узгоджується з керівником заняття (наприклад, рисунок 1.а).

Одним з методів розрахунку розмірних ланцюгів є **метод максимум-мінімуму (граничних відхилень)**. Його застосовують, якщо кількість складових ланок  $n \leq 4$ , цей метод забезпечує повну взаємозамінність [4]. На початку розрахунку необхідно визначити характеристики усіх ланок: збільшуючі, зменшуючі, компенсаційна, замикаюча.

а) Номінальне значення замикаючої ланки:

$$A_{\Delta}^{ном} = \sum_{i=1}^k \bar{A}_i^{ном} - \sum_{j=1}^m \bar{A}_j^{ном} \quad (2.5)$$

де  $\bar{A}_i^{ном}$  – номінальне значення збільшуючої ланки, мм;

$\bar{A}_j^{ном}$  – номінальне значення зменшуючої ланки, мм;



$i = 1, 2, 3 \dots k$  – індекс збільшуючих ланок,  $k$  – кількість збільшуючих ланок;

$j = 1, 2, 3 \dots m$  – індекс зменшуючих ланок,  $m$  – кількість зменшуючих ланок.

б) Максимальне значення замикаючої ланки:

$$A_{\Delta}^{\max} = \sum_{i=1}^k \bar{A}_i^{\max} - \sum_{j=1}^m \bar{A}_j^{\min} \quad (2.6)$$

в) Мінімальне значення замикаючої ланки:

$$A_{\Delta}^{\min} = \sum_{i=1}^k \bar{A}_i^{\min} - \sum_{j=1}^m \bar{A}_j^{\max} \quad (2.7)$$

г) Допуск замикаючої ланки:

$$TA_{\Delta} = A_{\Delta}^{\max} - A_{\Delta}^{\min} \quad (2.8)$$

д) Вірність розрахунків перевіряють по правилу:

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} TA_i \quad (2.9)$$

Результатом розрахунку є виконавчий розмір замикаючої (або компенсаційної) ланки, наприклад:  $A_{\Delta} = 5.54_{-0.111}^{+0.254}$ . Це, як відомо, *зворотня задача*.

Приклад розв'язання *прямої задачі* методом повної взаємозамінності, тобто коли по заданому номінальному розміру, допуску і граничним відхиленням замикаючої ланки визначають такі ж параметри всіх складових ланок, виконаний способом однакових квалітетів точності, показано в [6, стор.65...72] або [5, стор.27...30].

Метод повної взаємозамінності може виявитися економічно доцільним лише для ланцюгів малої точності або ланцюгів з невеликою кількістю ланок. Інакше необхідна точність виготовлення деталей може вийти не тільки за межі економічної точності, але і за межі досяж-

ної точності. У цьому випадку необхідно перевірити можливість використання **ймовірносного методу**, що характеризує метод неповної взаємозамінності. Як правило, допуски складових ланок при ймовірнісному методі, у порівнянні з методом повної взаємозамінності, виходять значно більшими (у 1,5...2 рази), що знижує вартість виготовлення деталей і зменшує вартість виробу. Можливе розширення полів допусків складових ланок тим значніше, чим більша кількість ланок і більше прийнятий відсоток ризику  $P$  [5].

Якщо необхідна розрахункова точність виготовлення (середній допуск) деталей не відповідає умовам економічного виробництва, то для досягнення заданої точності вихідної ланки необхідно використовувати метод неповної взаємозамінності. Як правило, йому віддають перевагу перед методом повної взаємозамінності. Приклади рішення прямої і зворотної задачі ймовірнісним методом показано в [5, стор. 42...45] і [4, стор. 18 (приклад б), стор. 39 (приклад к)].

Для розмірних ланцюгів високої точності з невеликою кількістю ланок застосовують метод *групової взаємозамінності (селективної зборки)*, що дає можливість досягнення високої точності замикаючої ланки при економічно доцільних виробничих допусках розмірів складових ланок. Після виготовлення деталі розсортовуються за значеннями дійсних розмірів на ряд груп у межах розрахункового допуску. При складанні з'єднують деталі відповідних (однакових) груп для одержання розміру замикаючої ланки в заданих межах [4, стор. 41].

Наприклад, у випадку складання точної пари "вал-отвір", кількість груп вибирають за формулою (1.13):

$$m = \frac{Td_B + Td_O}{T_\Delta} \quad (2.10)$$

де  $Td_B$  і  $Td_O$  – допуск на виготовлення відповідно валу та отвору, мм;

$T_\Delta$  – заданий зазор (або натяг).

Допуск на вал у групі знаходять:

$$Td_{Bm} = \frac{Td_B}{m} \quad (2.11)$$

Допуск на отвір у групі знаходять за формулою:

$$Td_{O_m} = \frac{Td_O}{m} \quad (2.12)$$

Перевіркою є виконання такої вимоги для всіх груп:

$$Td_{B_i} + Td_{O_i} = T_{\Delta} \quad (1.13)$$

де  $i=1,2\dots m$  – порядковий номер групи,  $m$  – кількість груп;

$Td_{B_i}$  – допуск на вал в  $i$ -тій групі;

$Td_{O_i}$  – допуск на отвір в  $i$ -тій групі.

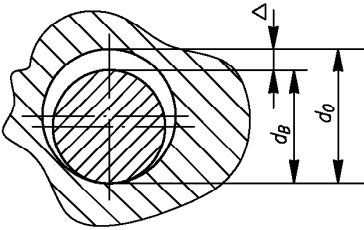


Рисунок 1.2 – Розмірний ланцюг пари "вал-отвір"

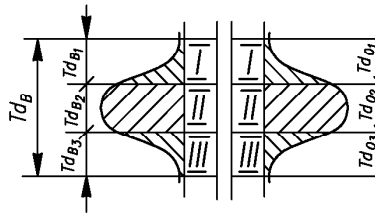


Рисунок 1.3 – Схема розподілу допусків валу та отвору на групи

Методом *регулювання (компенсаторів)* забезпечують високу точність замикаючої ланки для багатоланкових ланцюгів.

На занятті необхідно проаналізувати, вибрати, обґрунтувати і описати один або два методи забезпечення заданої точності при складанні; зробити розрахунок розмірного ланцюга і вибрати найбільш раціональний метод забезпечення точності при складанні.

За отриманими результатами виконують креслення графічної частини у відповідності з п. 8.1. В звіті перед розрахунком достатньо показати схему розмірного ланцюга (рис.1.1,б), для методу групової взаємозамінності – схему розподілу допусків складових ланок на групи для валу та отвору (рис. 1.3).

## Практичне заняття № 3 (2 години) Визначення початкових параметрів виготовлення деталі

На цьому практичному занятті необхідно розробити технологічний процес механічної обробки однієї з деталей вузла, обраної за узгодженням з викладачем.

### 3.1 Службове призначення деталі

Даний пункт повинен освітити наступні питання: у яких умовах експлуатації працює деталь (навантаження, види напруження, температура, агресивність середовища і т.п.), а також – які основні службові функції вона виконує. Необхідно описати конструктивні особливості деталі, виходячи з вищесказаного, які з поверхонь деталі найбільш навантажені, які піддаються інтенсивному зносу, які найбільш відповідальні. Яку функцію виконують при експлуатації отвори, фланці, шліци та інші конструктивні елементи даної деталі. Проводять також аналіз креслення на наявність усіх необхідних для правильного візуального сприйняття конструкції деталі видів, розрізів, перетинів; на відповідність діючим стандартам.

Текст доцільно супроводжувати ескізом деталі з так званою технологічною розміткою, тобто позначивши її поверхні цифрами (рисунок 3.1).

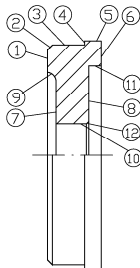


Рисунок 3.1 – Ескіз кришки наскрізної з технологічною розміткою поверхонь.

### 3.2 Визначення типу виробництва виготовлення деталі

Тип виробництва попередньо визначається на початковій стадії проектування в результаті аналізу річної програми випуску. Для цього за допомогою таблиці 3.1 по річній програмі випуску деталі і її масі можна попередньо визначити тип виробництва.

Таблиця 3.1 – Залежність типу виробництва від річної програми випуску і маси деталі

Тип виробництва	Число оброблених деталей за рік, шт		
	Важкі, більш 100 кг	Середні, 10...100 кг	Легкі, до 10 кг
Одиничне	До 5	До 10	До 100
Дрібносерійне	5...100	10...200	100...500
Серійне	100...300	200...500	500...5000
Крупносерійне	300...1000	500...5000	5000...50000
Масове	більш 1000	більш 5000	більш 50000

Уточнюють тип виробництва за допомогою коефіцієнта закріплення операцій  $k_{з.о.}$ , що характеризує кількість операцій, закріплених за одним робочим місцем:

$$k_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum M_j} \quad (1.17)$$

де  $\sum O_i$  – сума всіх детале-операцій, що виконуються на даній ділянці;

$\sum M_j$  – сума всіх робочих місць на ділянці (потоковій лінії).

У випадку  $k_{з.о.} \leq 1$  – виробництво масове (за одним робочим місцем протягом року закріплено не більш однієї операції);

- $k_{з.о.}$  від 1 до 10 – виробництво крупносерійне;
- $k_{з.о.}$  від 11 до 20 – середньосерійне;
- $k_{з.о.}$  від 21 до 40 – дрібносерійне;
- для одиничного (індивідуального)  $k_{з.о.}$  не регламентується.

Тип виробництва в значній мірі впливає на побудову технологічного процесу, на його деталізацію, на вибір виду і методу одержання

заготовки, на вибір обладнання, оснащення, ріжучого та контрольного інструмента, на розміщення робочих місць на ділянці і в цеху, на планування та нормування робіт і т.д.

### 3.3 Вибір методу виготовлення заготовки

Процеси виготовлення заготовок тісно зв'язані з їх наступною механічною обробкою для одержання деталей із заданими властивостями. Трудомісткість механічної обробки в основному залежить від точності виконання заготовок і від наближення їхньої конфігурації до конфігурації готових деталей. Це напрямок комплексного підходу найбільш важливо використовувати для умов потокового й автоматизованого виробництва. Правильний вибір заготовок є важливою задачею в боротьбі за зниження металоємності машин.

У деяких випадках вибір методу одержання заготовки визначається однозначно конструкторським кресленням, наприклад, якщо деталь корпусна, складної конфігурації, матеріал – сірий чавун (СЧ), то метод виготовлення – лиття.

Але найчастіше питання одержання заготовки визначеної деталі – не є однозначним.

Найбільш розповсюдженими методами виготовлення заготовок є:

- прокат;
- лиття;
- пластичне деформування (обробка металу тиском);
- комбінований;
- порошкова металургія.

На вибір методу і способу виготовлення заготовки впливає ряд факторів:

- а) службове призначення й умови роботи деталі;
- б) матеріал;
- в) конструктивні особливості деталі – габарити, складність конструкції, необхідна точність поверхонь деталі і заготовки;
- г) тип виробництва (річна програма випуску).

Запропоновані варіанти оцінюють двома показниками:

- вартості одержання однієї заготовки, С;

- коефіцієнту використання матеріалу,  $\eta$ .

Вартість однієї заготовки, отриманої з прокату, знаходять по формулі (1.18), отриманої одним з методів лиття чи штампування – по формулі (1.19)

$$C = \frac{C_B}{1000} Q - (Q - q) \frac{S_{omx}}{1000} \quad (3.1)$$

$$C = \frac{C_B}{1000} Q \cdot k_T \cdot k_M \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_{II} - (Q - q) \frac{S_{omx}}{1000} \quad (3.2)$$

де  $C_B$  – базова вартість виготовлення 1 тонни заготовок; вибирають по визначеному способу одержання, грн.;

$Q$  і  $q$  – маса відповідно заготовки і готової деталі, кг;

$k_T, k_M, k_C, k_B, k_{II}$  – коефіцієнти, що враховують відповідно клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки і програму випуску;

$S_{omx}$  – вартість 1 тонни стружки, грн.

Коефіцієнт використання заготовки  $\eta$  знаходять за формулою:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (3.3)$$

Якщо маса деталі  $q$  не вказана у кресленні, її знаходять у такий спосіб: деталь розбивають на елементарні об'єми, сума яких складає об'єм деталі; помножуючи його на густину матеріалу, одержують масу деталі.

Для розрахунку  $Q$  треба знати матеріал, номінальні розміри деталі і загальні припуски на обробку, що вибирають за наступними стандартами:

ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски;

ГОСТ 7829-70 Поковки из углеродистой и легированной стали изготовляемые ковкой на молотах. Припуски и допуски;

ГОСТ 7062-90 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготовляемые ковкой на прессах. Припуски и допуски;

ГОСТ 26645-85 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку;

ГОСТ 25-90 Сортамент круглого проката горячекатанного;

ГОСТ 7417-75 Сортамент холоднотянутої каліброваної круглої сталі.

Після вибору загальних припусків за даними стандартами чи по джерелу [8], припуск додають до номінальних розмірів зовнішніх поверхонь деталі або віднімають від розмірів внутрішніх поверхонь, одержуючи в такий спосіб приблизний контур заготовки. Варто враховувати неможливість отримання отворів маленьких діаметрів або інших елементів конструкції деталі визначеними способами виготовлення заготовки. Потім у звіті креслять ескіз заготовки (рисунок 3.2), необхідний для розрахунку її маси, показують тонкою штрихпунктирною лінією контур деталі усередині контуру заготовки, також показують площину суміщення штампів у поковок, ливарних форм у відливок, вибирають метод відрізки заготовок із прокату. Потім розбивають заготовку на елементарні об'єми, знаходять сумарний об'єм і, помножуючи його на густину матеріалу, одержують масу заготовки.

Вибір заготовки є багатоваріантною задачею. Тому на занятті необхідно провести порівняльний аналіз двох-трьох методів виготовлення заготовок для даної деталі і вибрати найбільш раціональний, тобто треба проаналізувати, що вигідніше: дати спрощену конфігурацію заготовки і знімати надлишок матеріалу при обробці на верстатах чи виготовити більш точну поковку (відливку), що по конфігурації і розмірам наближається до готової деталі, і завдяки цьому знімати менше металу на верстатах, при цьому враховуючи високу вартість одержання точних заготовок.

Приклад розрахунку показано в [8], стор. 3...20.

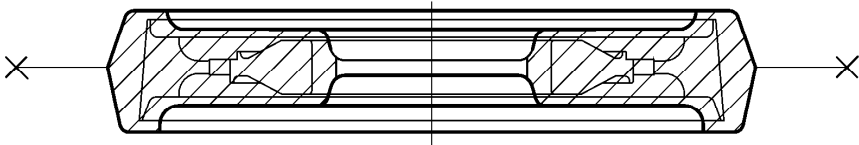


Рисунок 3.2 – Ескіз заготовки – поковки.

Необхідно також вибрати і указати: вид термічної обробки заготовок, застосований для зняття внутрішніх напружень після деяких методів виготовлення заготовок; метод видалення задирів (абразивний, піскоструминний, віброгалтовка, обрізка та ін.), метод видалення



випарів й литників у відливок та ін. Результатом вибору методу отримання заготовки, її конфігурації, розмірів, точності та якості поверхонь є карта заготовки, приклад її оформлення показано в додатку К.

## **Практичне заняття № 4 (2 години) Складання планів обробки елементарних поверхонь деталі**

План (маршрут) обробки елементарної поверхні (МОП) складають для тих робочих поверхонь, що підлягають механічній обробці. Він містить у собі кількість технологічних переходів механічної обробки елементарної поверхні, послідовність цих переходів, методи обробки, а також точність і якість поверхні, що забезпечується на цих переходах механічної обробки. Плани обробки, як вихідні документи, використовуються для розрахунку припусків і при проектуванні маршрутної та операційної технології.

Кількість переходів залежить від вимог до точності розмірів, до точності взаємного розташування вісей та поверхонь, до якості поверхонь, до точності установочних технологічних баз, від наявності термічної обробки, від показників якості вихідної заготовки.

Кількість та найменування переходів з відповідними показниками точності, шорсткості вибирають за таблицями 4,5 [6, с.8...15], показники взаємного розташування вісей та поверхонь – табл. 1,2,6-9 [6, с.7...8, 15...17], показники якості поверхонь заготовок – табл. 2.2-2.4 [8, с.32], показники точності відливок – табл.3 [8, с.120], поковок – табл. 23 [8, с.146], прокату – табл.62 [8, с.169], послідовність та кількість переходів для зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь можна вибрати або порівняти з вибраними варіантами, користуючись графіками (додаток В).

Для оцінки достатності користуються поняттям загальне (повне або необхідне) уточнення  $\varepsilon_i$ , значення якого розраховують за формулою [8]:

$$\varepsilon_i = \frac{T_{i_{заг}}}{T_{i_{дет}}}, \quad (4.1)$$

де  $T_{i_{заг}}$  – допуск на  $i$ -й параметр вихідної заготовки;

$Ti_{dem}$  – допуск за кресленням того ж  $i$ -го параметру готової деталі;

$i$  – індекс, що визначає один з обраних параметрів точності або якості даної елементарної поверхні, наприклад:  $Td_{заг}$  – допуск на розмір,  $TRz_{заг}$  – на шорсткість,  $Tl_{заг}$  – на непаралельність, т.п.).

Вихідні значення допусків та отримані уточнення заносять в таблицю 1.4.

Часткове уточнення значення  $i$ -го параметру на кожному  $j$ -му переході розраховують таким чином:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{T_{i(j-1)}}{T_{ij}}, \quad (4.2)$$

де  $T_{i(j-a)}$  та  $T_{ij}$  – технологічні допуски, що забезпечуються відповідно на попередньому  $(j-a)$ -му та даному  $j$ -му переходах.

Якщо після обробки поверхні за наміченим планом забезпечується виконання умови (1.23), то загальну кількість переходів  $k$  треба вважати достатньою, а варіант плану обробки поверхні – прийнятою.

$$\prod_{j=1}^k \varepsilon_{ij} > \varepsilon_i, \quad (4.3)$$

Рішення цієї задачі – багатоваріантне, тобто виконання умови (1.23) може забезпечуватися в однаковій мірі різними планами. Остаточо вибраний план повинен враховувати особливості типа виробництва, наявності та можливості технологічного обладнання, забезпечення мінімальних витрат на обробку.

На занятті необхідно скласти плани обробки на 1-2 характерних поверхні. Результати розрахунків і запропоноване рішення заносять в типову таблицю 1.4. Приклад розрахунку див. [8], стор. 24...34.

Таблиця 1.4 – План обробки поверхні  $\varnothing 55h7_{-0,30}$ 

Поверхня, розмір	Параметри заготовки		Параметри деталі		Необхідне уточнення		Технологічні переходи	Показники на $j$ -му переході		Приватні уточнення	
	$T_d$ <i>заг</i>	$T_{Ra}$ <i>заг</i>	$T_d$ <i>дет</i>	$T_{Ra}$ <i>дет</i>	$\epsilon_d$	$\epsilon_{Ra}$		$T_{dj}$	$T_{Raj}$	$\epsilon_{dj}$	$\epsilon_{Raj}$
Циліндрична зовнішня поверхня $\varnothing 55h7_{-0,30}$	1900	50	30	0,8	63,3	62,5	Обточування:				
							1. Чорнове	300	12,5	6,333	4
							2. Чистове	120	3,2	2,5	3,91
							Шліфування:				
							3. Попереднє	46	1,6	2,61	2
							4. Чистове	30	0,8	1,533	2
							Загальне уточнення			63,34	62,56

## Практичне заняття № 5 (2 години) Призначення операційних припусків та розрахунок виконавчих розмірів

Припуск – шар матеріалу, який знімають з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей тієї поверхні, що обробляється. Припуск призначається на кожну поверхню, яка підлягає механічній обробці. Розрізняють загальний припуск та операційний. Величини операційних припусків використовують при розрахунку операційних виконавчих розмірів, які необхідно забезпечити на кожній операції технологічного процесу. Ці розміри необхідні для налагодження та настроювання верстатів, вибору різального інструменту, розрахунку режимів різання, оформлення операційної технології.

Величину операційного припуску або розраховують за емпіричними формулами (розрахунково-аналітичний метод), враховуючи конкретні умови виконання операції, або вибирають за нормативами, в яких наведені дослідно-статистичні значення припусків. Розрахунковою величиною є мінімальний припуск на обробку, достатній для усунення погрешностей обробки і дефектів поверхневого шару, отрима-

них на попередньому переході, і компенсації погрішностей, що виникають на виконуваному переході; елементами, що складають припуск  $\epsilon$ : висота мікронерівностей профілю, глибина дефектного поверхневого шару, сумарні відхилення розташування і форми поверхні та похибка установки заготовки під час виконуваного переходу. Значення виконавчих операційних розмірів, що визначають положення оброблюваної поверхні під час обробки, і розміри заготовки розраховують із застосуванням мінімального припуску.

На занятті для розрахунку операційних припусків на відповідальній поверхні необхідно накреслити схеми, які дають вичерпну інформацію щодо кількості та послідовності механічних переходів обробки кожної поверхні, значення та розташування припусків відповідно номінальних операційних розмірів (наприклад, рис. 1.ж). З нормативних джерел [7, т.1] вибирають значення мінімального припуску  $Z_i^{min}$ , розраховують номінальні  $Z_i^{ном}$  та максимальні  $Z_i^{max}$  припуски, номінальні операційні та виконавчі розміри  $D_i$  (для внутрішніх циліндричних поверхонь) або  $d_i$  (для зовнішніх циліндричних поверхонь); перевіряють вірність розрахунків. Після проведення розрахунків заповнюють таблицю вихідних даних та розрахункових значень припусків (табл. 1.1) та доповнюють схему (рис. 1.1).

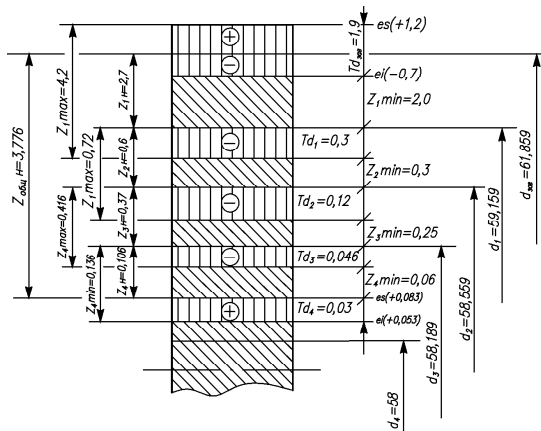


Рисунок 1.1 – Схема до розрахунку припусків та операційних розмірів для поверхні  $\varnothing 58s7 \begin{matrix} +0,083 \\ +0,053 \end{matrix}$

Таблиця 1.1 – Вихідні дані та розрахункові значення припусків

План обробки елементарної поверхні	Граничні відхилення		Допуск на обро- бку	При- пуск номін.	Розмір номіна- льний	Виконавчий розмір	Граничні припуски	
	$es$	$ei$					$Tdi$	$Z_i^H$
	мкм		мкм	мкм	мм	мм	мкм	мкм
Зовнішня цил. $\varnothing 58s7^{(+0,083}_{-0,053})$								
Заготовка	+1200	-700	1900	–	61,859	$61,9^{+1,2}_{-0,7}$	–	–
Обточування: чорнове	0	-	300	2700	59,159	$59,2_{-0,3}$	4200	2000
чистове	0	-	120	600	58,559	$58,56_{-0,12}$	720	300
Шліфування: чорнове	0	-46	46	370	58,189	$58,19_{-0,046}$	416	250
чистове	+83	+53	30	106	58	$58^{+0,083}_{-0,053}$	136	60

## Практичне заняття № 6 (2 години) Встановлення режимів та визначення норм часу обробки

### 6.1 Етапи визначення режимів різання

Режими різання, визначені для механічної обробки деталей, є одним з головних факторів технологічного процесу.

Елементи режимів різання вибирають таким чином, щоб досягти найбільшу продуктивність праці при найменшій собівартості даної операції. Ця вимога виконується при роботі інструментом раціональної конструкції: правильно підібраний матеріал, найвигідніша геометрія, необхідна міцність, твердість і вібростійкість, зносостійкість і ін. Для досягнення найбільшої продуктивності варто вживати заходів до збільшення технологічних можливостей верстата.

При визначенні режимів різання прагнуть до максимального зйому матеріалу. Об'єм матеріала, що знімають в одиницю часу, можна виразити через основні параметри  $V = t \cdot S \cdot v$ . Збільшуючи співмножники цього виразу можна збільшити об'єм матеріалу, що знімається.

Однак при цьому враховують вплив факторів ( $t$ ,  $S$ ,  $v$ ) на стійкість ріжучого інструмента.

Тому відповідно рекомендуються такі етапи визначення режимів різання:

**Аналіз вихідних даних.** Вихідні дані при визначенні режимів різання такі:

а) найменування деталі, її матеріал (накреслити операційний ескіз (рис. 6.1), на якому обов'язково вказують виконавчі розміри та шорсткість поверхонь, що оброблюють на даній операції, схему закріплення деталі під час обробки на даному верстаті; поверхні, що підлягають обробці на даній операції, виділяють жирною лінією і нумерують відповідно до технологічної розмітки);

б) вид заготовки – штамповка, відливка, ін;

в) інструмент (вказати найменування інструмента, марку матеріалу ріжучої частини, основні геометричні розміри, позначення ГОСТ чи ДСТУ) [7, т.2];

г) мастильно-охолоджуюча рідина (наявність, вид і склад, найменування, ГОСТ);

д) паспорт технологічного обладнання (вказати вид, найменування і модель верстата, привести коротку характеристику технологічних можливостей, потужність головного приводу). Основні технологічні характеристики верстатів різних груп приведено в таблицях [7, т.2].

Наприклад:

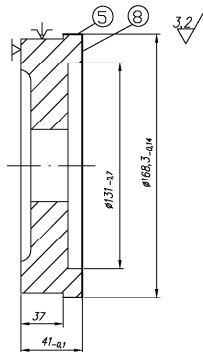


Рисунок 6.1 – Операційний ескіз (оп.040)

*Операція 040.* Токарна. Обробити зовнішню циліндричну поверхню 5 та підрізати торець 8. Шорсткість  $Ra = 0,32$ . Точіння чорнове. Деталь закріплено в 3-х кулачковому патроні.

*Деталь* – кришка. Матеріал – сталь 40X ГОСТ 4543-81,  $\sigma_s=750$  МПа, 156...229НВ.

*Заготовка* – штамповка на пресах.

*Інструмент* – різець підрізний  $\varphi=60^\circ$ ;  $16 \times 25 \times 100$ , Т15К6, R=1,0 мм, ГОСТ18880-73; різець прохідний відігнутий правий  $\varphi=45^\circ$ ;  $16 \times 25 \times 100$ , ВК8, R=1,0 мм, ГОСТ18878-73.

*Верстат* – токарний з ЧПК мод.16К20Ф3С1,  $N_e=7,5$  кВт. Змашуючо-охолоджувальна рідина – емульсол 5% ГОСТ 1975-75.

**Призначення глибини різання  $t$ .** Призначають за таблицею розрахунку припусків (п.6.а), або розраховують. Для точіння, наприклад, глибина різання:

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (6.1)$$

де  $D$  та  $d$  – діаметри поверхні до і після обробки на даному переході, мм.

**Призначення подачі  $S$ .** Подачу вибирають в залежності від глибини різання та шорсткості поверхні за таблицями [7, т.2] або [9], необхідно також враховувати вид обробки: чорнова, чистова. Нормативне значення подачі  $S_n = S_{табл} \cdot k_s$  (табличне значення подачі, помножене на поправочний коефіцієнт) узгоджується з паспортом верстата, та приймається  $S_o$ , мм/об.

**Вибір стійкості інструмента,  $T$ , хв.** Період стійкості інструменту – це час роботи інструменту між заміною або переточуванням, визначають по таблицях [7, т.2] або [9].

**Призначення швидкості різання,  $v$ .** Розрахункову швидкість різання визначаємо:

а) якщо швидкість вибирають за нормативами (табличний метод), то формула має вигляд [9]:

$$v_p = v_{табл} \cdot kv \quad (6.2)$$

де  $v_{табл}$  – табличне значення швидкості різання, м/хв;

$kv = k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n$  – поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал деталі, матеріал ріжучої частини інструмента, стан поверхні та ін.

б) якщо швидкість розраховують за емпіричними формулами (розрахунково-аналітичний метод), то формула має вигляд [7, т.2]:

$$v_p = v \cdot kv \quad (6.3)$$

де  $v$  – швидкість різання, знайдена по емпіричній формулі.

Наприклад, при свердленні [7, т.2, с.276]:

$$v_p = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v \quad (6.4)$$

Далі визначають розрахункову **частоту обертів** шпинделя верстата, об/хв:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot d} \quad (6.5)$$

Розрахункову частоту обертів порівнюють та приймають по паспорту верстата –  $n_{np}$ . Згідно з нею визначають **фактичну швидкість різання** за формулою:

$$v_{факт} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{np}}{1000} \quad (6.6)$$

**Сила різання.** Силу різання ( $P$ , Н), а при необхідності крутильний момент ( $M_{кр}$ , Н·м), визначають табличним методом або розраховують за формулами [7,9], в залежності від вже визначених режимів різання згідно з видом обробки.

**Потужність різання.** Потужність різання ( $N_{різ}$ , кВт) розраховують за формулами [7,9] в залежності від швидкості та сили різання і виду обробки, після чого порівнюють з потужністю головного приводу верстата  $N_e$ . Для забезпечення повноцінної обробки  $N_{різ}$  повинна бути менше  $N_e$ . Якщо потужність різання більше потужності головного приводу верстата, необхідно зм'якшити режими різання, або вибрати інший, більш потужний верстат.

Згідно вихідним даним та визначеним режимам різання оформлюють операційну карту та операційний ескіз (додаток К) на кожну операцію.



## 6.2 Нормування операцій механічної обробки

Під технічним нормуванням розуміють установлення норми часу на виконання певної роботи. Величина витрат часу на виготовлення тієї чи іншої продукції при належній якості є одним з основних критеріїв для оцінки досконалості технологічного процесу. Технічні норми часу є основою для оплати роботи, калькуляції собівартості деталі і виробу. На основі технічних норм розраховується тривалість виробничого циклу, необхідна кількість верстатів, оснащення і робітників, проводиться все планування виробництва.

Технічною нормою часу на виконання даної операції в умовах масового виробництва є норма **штучного часу**:

$$t_{ум} = t_o + t_{дон} + t_{np} \quad (6.7)$$

де  $t_o$ ,  $t_{дон}$ ,  $t_{np}$  – відповідно основний (або машинний), допоміжний та прибавочний час, хв.

**Основний (машинний) час** визначають за допомогою аналітичної залежності:

$$t_o = t_m = \frac{L_{p.x.}}{n \cdot S_o} \quad (6.8)$$

де  $n$  – частота обертів, мм/об;

$S_o$  – подача, мм/об;

$L_{p.x.}$  – довжина робочого ходу, мм. Визначають за формулою:

$$L_{p.x.} = L_{piz} + L_{epiz} + L_{nep} \quad (6.9)$$

де  $L_{piz}$  – довжина поверхні, що обробляється (відповідно кресленню), мм;

$L_{epiz}$  – довжина врізання, мм;

$L_{nep}$  – довжина перебігу, мм.

У випадку кількох технологічних переходів основний час даної операції знаходять як суму основного часу цих переходів.

**Допоміжний час** дорівнює:

$$t_{\text{дон}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{зн}} + t_{\text{кер}} + t_{\text{конт}} + t_{\text{ш.п.}} + t_{\text{ш.в.}} + \dots \quad (6.10)$$

де  $t_{\text{уст}}$ ,  $t_{\text{зн}}$ ,  $t_{\text{кер}}$ ,  $t_{\text{конт}}$ ,  $t_{\text{ш.п.}}$ ,  $t_{\text{ш.в.}}$  – відповідно час на установлення та зйом деталі, керування верстатом, контроль, швидкий підхід та відхід інструменту та інші допоміжні переходи (переіндексація, поворот револьверної головки або поворотного столу, тощо).

**Оперативний час** є сумою основного та допоміжного часу:

$$t_{\text{он}} = t_o + t_{\text{дон}} \quad (6.11)$$

**Прибавочний час** складається з трьох частин: час на технічне обслуговування робочого місця, на організаційне обслуговування, час перерв на відпочинок та фізичні потреби. Його розраховують сумарно у відсотках від оперативного часу.

$$t_{\text{np}} = (\alpha_{\text{mex}} + \alpha_{\text{opc}} + \alpha_{\text{aid}})(t_o + t_{\text{дон}}) = \alpha_{\Sigma} \cdot t_{\text{он}} \quad (6.12)$$

де  $\alpha_{\Sigma} = \alpha_{\text{mex}} + \alpha_{\text{opc}} + \alpha_{\text{aid}}$  – сумарна норма прибавочного часу, %.

Виходячи з цього норма штучного часу дорівнює:

$$t_{\text{ум}} = t_o + t_{\text{дон}} + t_{\text{np}} = t_{\text{он}} + t_{\text{np}} = t_{\text{он}} + \alpha_{\Sigma} \cdot t_{\text{он}} = t_{\text{он}}(1 + \alpha_{\Sigma}) \quad (6.13)$$

$$\text{або } t_{\text{ум}} = (t_o + t_{\text{дон}})(1 + \alpha_{\Sigma}) \quad (6.14)$$

У випадку серійного виробництва шукають норму загального **штучно-калькуляційного часу** (норму часу на обробку даної партії деталей):

$$t_{\text{ум-к}} = t_{\text{ум}} + \frac{T_{n-3}}{n} \quad (6.15)$$

де  $T_{n-3}$  – підготовчо-заклучний час на всю партію деталей, час необхідний для організації робіт і переналагоджування верстата та оснастки для обробки заданої партії деталей, хв;

$n$  – об'єм партії (кількість деталей в партії), шт. Знаходять за формулою:

$$n = \frac{a \cdot N}{A} \quad (6.16)$$

де  $a$  – період запуску партії деталей в виробництво, днів;  
 $N$  – річна програма випуску деталей, шт;  
 $A$  – кількість робочих днів за рік.

При розрахуванні норм часу необхідно враховувати перекривання основного та допоміжного часу при обробці кількох деталей на верстаті одночасно (наприклад, обробка на токарних багатошпіндельних автоматах та напівавтоматах, фрезерування одночасно декількох зубчастих коліс, свердлення отворів багатошпіндельною головкою та ін.) або у випадку багатоінструментальної обробки.

## **Практичне заняття № 7 (2 години) Визначення технологічного оснащення**

Пристосування – пристрій для закріплення виробу в процесі обробки, складання, діагностики й ін.

Основні фактори (вихідні дані), що впливають на вибір схеми і конструкції пристосування:

*а) виробнича програма.* Від неї залежить, наскільки складною може бути конструкція пристосування з точки зору раціональності виготовлення і використання, а також економічна ефективність його застосування.

*б) точність.* Пристосування повинне забезпечувати необхідну якість складання, обробки, тощо.

*в) послідовність складання.* Конструкція пристосування повинна враховувати характер наступних і попередніх складальних робіт.

### **7.1 Класифікація пристосувань**

В залежності від мети:

- для механічної обробки;
- для складання;

- для контролю (діагностики);
- для іспитів.

В залежності від ступеню механізації:

- ручні;
- механізовані;
- автоматизовані.

По ступеню універсальності:

- універсальні (застосовуються переважно в одиничному і дрібносерійному виробництві);
- спеціалізовані (серійне виробництво);
- спеціальні (масове і крупносерійне виробництво).

Основні елементи пристосувань, що застосовуються для забезпечення процесу чи складання механічної обробки виробу:

- а) Корпус.
- б) Напрямні, установочні та затискні елементи.
- в) Ділильні пристрої.

## 7.2 Порядок проектування пристосування

1 Вивчають призначення, конструкцію і технічні вимоги на виріб; описують принцип роботи пристосування.

2 В тонких лініях креслять контур деталі (деталь вважається прозорою).

3 Вибирають установочні елементи, що забезпечують необхідну точність базування.

4 Вибирають затискний елемент (для крупносерійного і масового виробництва – механізований – пневматичний, гідравлічний, електро-магнітний, з ексцентриком, тощо).

5 Викреслюють корпус пристосування.

6 Викреслюють силовий пристрій (силовий привід).

7 Визначають геометричні параметри силових пристроїв (важелів, ексцентриків, пневмо- чи гідроциліндрів), для чого в пояснювальній записці креслять схему сил, діючих у пристосуванні (наприклад, рис.1.8), і розраховують силу, необхідну для затиску виробу, запресування, тощо.

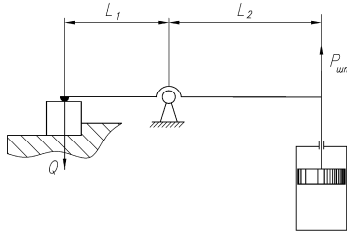


Рисунок 1.8 – Схема сил, діючих в пристосуванні

8 Викреслюють необхідні види, розрізи і перетини; визначають та проставляють на кресленні габаритні і приєднувальні розміри пристосування; над основним написом оформляють технічні умови та технологічні вимоги [10,11].

9 Розраховують економічну ефективність застосування даного пристосування.

10 Викреслюють необхідні види, розрізи і перетини; визначають та проставляють на кресленні габаритні і приєднувальні розміри пристосування; над основним написом оформляють технічні умови та технологічні вимоги [10,11].

11 Розраховують економічну ефективність застосування даного пристосування.

12 Проводять розрахунок на міцність. Розрахунок на "слабку ланку" проводять на розтяг, зминання, стиск, згин або зріз у небезпечному перерізі деталі, що несе найбільше навантаження, наприклад, тонкостінна деталь, підшипник, зубчаста пара, гвинтова пара, вісь, важіль і т.п.

### 7.3 Розрахунок економічної ефективності

Розрахунок економічної ефективності застосування пристосування проводять таким чином. Визначають по формулі собівартість виконання даної операції:

$$C_i = T_{um_i} \cdot C_{\Gamma_i} \left(1 + \frac{Q}{100}\right) + \frac{Pr_i}{N} \left(\frac{1}{A_i} + \frac{q_i}{100}\right) \quad (7.1)$$

де  $T_{um_i}$  – тривалість виконання даної операції, хв;

$i$  – індекс пристосування,  $i = 1$  – спроектоване пристосування,  $i = 2$  – базове пристосування, що раніше застосовувалося на цій операції;

$C_{\Gamma}$  – вартість однієї години (тарифна ставка), грн;

$Q$  – нарахування цехових витрат на заробітну плату, % (приймають  $Q=100\dots200\%$ );

$N$  – програма випуску, шт;

$A$  – термін амортизації (1...4 року) вибирають у залежності від складності пристосування (таблиця 1.ж);

$q$  – додаткові нарахування на вартість пристосування для його обслуговування і ремонту, %;

$Pr$  – вартість пристосування знаходять по формулі:

$$Pr = n \cdot k \quad (1.41)$$

де  $n$  – кількість деталей у пристосуванні;

$k$  – коефіцієнт, що залежить від складності пристосування, вибирають по таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Залежність терміну амортизації  $A$  і коефіцієнту  $k$  від складності обраного пристосування

Рівень складності конструкції пристосування	Коефіцієнт $k$	Термін амортизації $A$ , років
Прості	1,5	1
Середньої складності	3	2...3
Високої складності	4,5	4...5

Визначають собівартість виконання операції за допомогою даного, спроектованого на практичному занятті, пристосування ( $C_a$ ), і за допомогою базового пристосування, що застосовувалося раніше ( $C_b$ ). Порівнюючи  $C_1$  і  $C_2$  визначають більш ефективне пристосування та розраховують економічну ефективність (річний економічний ефект) від застосування на обраній операції цього пристосування, грн:

$$\mathcal{E}_s = (C_2 - C_a) \cdot N. \quad (1.42)$$

## Практичне заняття № 8 (2 години) Визначення послідовності складання та розрахунок розмірних ланцюгів

### 8.1 Креслення складальної одиниці і креслення графічного зображення до розрахунку розмірного ланцюга

Креслення складальної одиниці, що містить усі необхідні види, розрізи, перетини й іншу конструктивну, геометричну, технологічну інформацію, технічні вимоги (ТТ) і умови (ТУ), видається як вихідне завдання і на заняттях не дублюється. Однак усі деталі складальної одиниці повинні бути заспецифіковані відповідно до ГОСТ 2.108-68. Специфікацію поміщують у додатку до звіту. Приклад специфікації приводиться в додатку Д.

Креслення *фрагмента* складальної одиниці виконується олівцем, акуратно, у потрібному масштабі, відповідно до ГОСТ 2.109-73 при оформленні графічної частини до розрахунку складального розмірного ланцюга. Як приклад на рисунку 1.1 у пункті 2.2 приводиться креслення складальної одиниці з виявленим складальним розмірним ланцюгом, виконаний у розрізі, у збільшеному масштабі з показом розташування і взаємного зв'язку деталей, що входять у розмірний ланцюг, а також схеми з указанням всіх складових, замикаючих чи компенсаційних ланок. Крім фрагмента креслення і схеми на даному листі графічної частини необхідно показати таблицю, у якій приводять позначення, найменування, характеристику, вихідні та розрахункові розміри і допуски усіх ланок ланцюга (табл. 8.1).

Таблиця 8.1 – До розрахунку складального розмірного ланцюга

Позн.	Найменування ланки	Характеристика ланки	Виконавчий розмір ланки	Допуск, мм	Граничні розміри ланки	
					$Ai_{max}$	$Ai_{min}$
1	2	3	4	5	6	7
A <sub>1</sub>	Ширина підшипника	збільш.	15 <sub>-0,08</sub>	0,08	15,0	14,92
A <sub>0</sub>	Зазор підшипника	замик.	0 <sup>+0,07</sup> <sub>+0,04</sub>	0,03	0,07	0,04

## Продовження 8.1

1	2	3	4	5	6	7
A <sub>2</sub>	Довжина втулки	збільш.	17±0,035	0,07	17,035	16,965
...	...	...	...	...	...	...
A <sub>7</sub>	Відстань від торця картера до буртика під підшипник	зменш.	68 <sup>+0,074</sup>	0,074	68,074	68,0
A <sub>к</sub>	Товщина регулюючої шайби	компенс.	5.54 <sup>+0.154</sup> <sub>-0.111</sub>	0,265	5,694	5,429

### 8.2 Технологічна схема складання (схема конструктивно-складальних елементів)

Схему починають із зображення базового елемента (деталь, вузол) – основного елемента, з якого починають складання. Кожен елемент виробу на технологічній схемі складання умовно зображують прямокутником, розділеним на три частини. У верхній частині вказують найменування елемента, скорочення слів не допускаються, у лівій нижній частині – його позначення (номер за специфікацією або умовне позначення деталі чи складальної одиниці з каталогу виробу), а в правій нижній частині – кількість елементів, що входять у складальну одиницю.

Процес складання умовно зображують на схемі горизонтальною лінією. Її проводять у напрямку від базового елемента складальної одиниці до зібраного готового виробу. Над цією лінією розташовують у порядку послідовності приєднання умовні позначки деталей, а знизу – усіх інших складальних одиниць меншого порядку. Кожна з них є окремою складальною підгрупою, що має свій базовий елемент, до якого у визначеній послідовності приєднуються деталі (на схемі вони розташовуються ліворуч), і праворуч – складальні одиниці ще меншого порядку.

За аналогією складають технологічну схему розбирання. Процес розбирання – пряма лінія, що проводиться від умовної позначки виробу до прямокутника базової деталі (базовому вузлу), що залишилась після розбирання.

За допомогою додаткових ліній-виносок вказують характер складальних (розбірних) з'єднань, якщо він не зрозумілий із схеми (за-



пресувати, вальцювати, клеїти, паяти, контрити, розконтрити, тощо), а також допоміжні роботи (змастити, контролювати, залити мастило, злити мастило, регулювати, підібрати і т.п.).

У тому випадку, якщо схема не уміщується, частину її переносять, у місці обриву лінії розташовують цифру (1, 2, 3...) в колі діаметром 10-12 мм. Продовжують схему у вільному полі креслення, у тому ж напрямку, починаючи з того ж номера, розташованого в колі.

Приклад технологічної схеми складання (схеми конструктивно-складальних елементів) механізму рульового керування показано на рисунку 8.1.

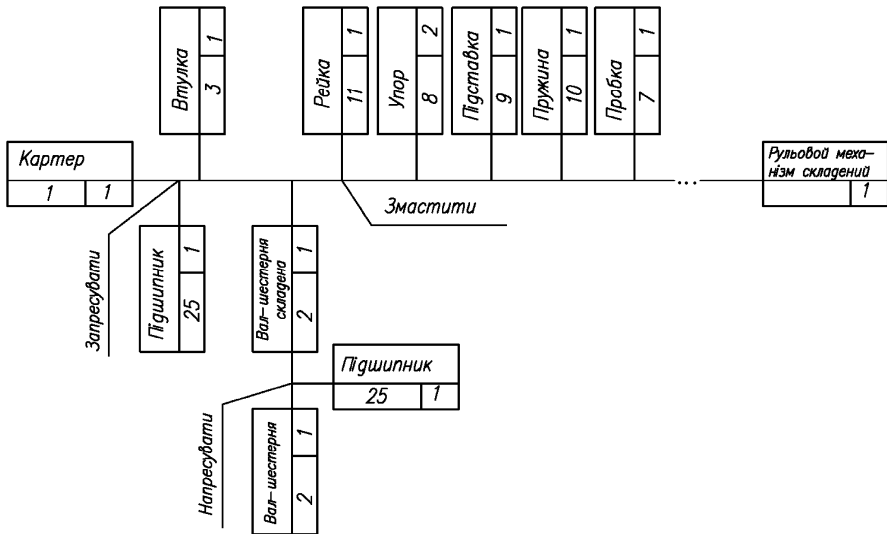


Рисунок 8.1 – Фрагмент технологічної схеми складання механізму рульового керування

### 8.3 Креслення графічного зображення технологічного процесу складання вузла

Технологічний процес зборки (розбирання) складається з окремих операцій. На кресленні зображують окремо всі операції, тобто поопераційне приєднання до базового елемента інших деталей складаль-

ної одиниці в послідовності, що приведена в технологічній схемі зборки складальної одиниці. Креслення починають із зображення базової деталі, а закінчують зібраною складальною одиницею в положенні, в якому вони знаходяться на складальному стенді чи в пристосуванні. Крім того, над кожною операцією вказують номер і найменування операцій, обладнання й оснащення.

Наприклад: *05 Складальна*

*Стенд складальний*

*Пристосування затискне спеціальне*

Базову деталь викреслюють тонкою лінією. Всі складові деталі вузла необхідно пронумерувати (номера позицій зі специфікації) і виділити потовщеною в 2-3 рази лінією на тих операціях, на яких вони приєднуються згідно технологічної схеми складання. На наступних операціях зібрані раніше складальні одиниці креслять тонкою лінією. На кресленні необхідно вказати умовними знаками опори, затискні та установчі пристрої відповідно до ГОСТ 3.1107-81.

## **Практичне заняття № 9 (2 години) Визначення особливостей креслення**

### **9.1 Креслення деталі**

Деталь для розробки технологічного процесу механічної обробки вибирається викладачем з числа деталей, що входять в даний складальний вузол. Креслення деталі, на яку розробляється технологічний процес, виконується відповідно до ГОСТ 2.109-73. Нанесення на кресленнях позначень шорсткості поверхні варто виконувати за ГОСТ 2.309-73; розміри і граничні відхилення наносити за ГОСТ 2.307-68; граничні відхилення форми і взаємного розташування поверхонь – за ГОСТ 2.308-79.

Технічні вимоги на кресленнях деталей виконують за ГОСТ 2.316-68; нанесення на кресленнях позначень покриття, термічного й іншого видів обробки – за ГОСТ 2.310-68.

## 9.2 Креслення заготовки

Для литих заготовок креслення оформляють відповідно до ГОСТ 26645-85, а для штампованих заготовок, поковок – ГОСТ 7062-90 і 7829-70. Всередині контуру заготовки, виконаного суцільною основною лінією, креслять тонкими штрихпунктирними лініями контур готової деталі. Креслення заготовки повинне містити достатнє для повної уяви про заготовку і припуски кількість проєкцій; розміри поверхонь з відхиленнями, обраними за відповідними нормативах; вихідні бази механічної обробки і максимальні значення загальних припусків для всіх оброблюваних поверхонь.

Позначення шорсткості поверхонь вказують відповідним значком і числовим значенням у правому верхньому куті креслення заготовки. Вихідні бази механічної обробки позначаються умовним знаком для опор, затискних і установчих пристроїв відповідно до ГОСТ 3.1107-81.

Технічні вимоги, що пред'являють до заготовки, указуються над основним написом креслення і містять відомості про твердість матеріалу, методи одержання заготовки, групу контролю, незазначені ливарні чи штампувальні ухили і радіуси, про допустиму величину зсуву форм, опок по площині роз'єму, короблення заготовок та іншу інформацію.

## **Практичне заняття № 10 (2 години) Визначення технічних вимог до деталей та складальних одиниць**

### **10.1 Графічне зображення маршруту обробки заготовки**

Дане креслення повинне містити спрощені операційні ескізи технологічного процесу механічної обробки обраної деталі, розташовані в послідовності обробки, першим розташовують креслення заготовки (найменування операції – *Заготівельна*), потім ідуть чорнові, чистові й оздоблювальні операції. Немеханічні операції розташовують у відповідному місці технологічного процесу (наприклад: термічна, хіміко-термічна, контрольна, мийна, і т.п.), коротко описують зміст операції й устаткування, за допомогою якого вона виконується.

Зображення кожної механічної операції повинне містити:

- безпосередньо ескіз деталі в тонких лініях, зображений в робочому положенні (тобто так, як деталь розташовується на під час обробки); поверхні, що обробляються на даній операції, виділяють жирними лініями і позначають номерами, привласненими їм раніше; у разі потреби, ескіз деталі виконують в двох проекціях або креслять схему, що заміняє другу проекцію; масштаб не обов'язковий, але необхідно витримувати співвідношення розмірів і пропорції;

- бази механічної обробки;
- шорсткість оброблюваних на даній операції поверхонь;
- номер і найменування операції;
- найменування і модель обладнання, найменування оснащення.

Наприклад: *005 Фрезерна*  
*Горизонтально-фрезерний, мод. 6Н82*  
*Пристосування спеціальне затискне*

## 10.2 Складальне креслення пристосування

Складальне креслення пристосування повинне містити всі необхідні види, розрізи і перетини, що дають необхідну інформацію про конструкцію та принцип дії пристосування. Номера позицій усіх деталей і складальних одиниць пристосування повинні відповідати номерам позицій специфікації.

Деталь (складальний вузол або виріб), над якою проводиться яка-небудь дія за допомогою даного пристосування (затиск під час складання чи механічної обробки, запресовування, вальцювання і т.п.), креслять тонкою суцільною або штрихпунктирною лінією в робочому фінальному положенні і вважають її прозорою, тобто крізь неї видно елементи конструкції пристосування.

На кресленні необхідно вказати приєднувальні і габаритні розміри пристосування, посадки відповідальних з'єднань, технічні умови та ін.