

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсового проєкту
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
зі спеціальності 131 – **Прикладна механіка**
за освітньо-професійною програмою
«Технології машинобудування, комп'ютерні системи проектування»
всіх форм навчання

Затверджено на засіданні
кафедри технологій
машинобудування і
деревообробки
протокол №9 від 13.06.2022 р.

ЧЕРНІГІВ 2022

Основи технології машинобудування. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування, комп'ютерні системи проектування» всіх форм навчання. – 2-ге вид., перероб. і доповн. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – 65 с.

Укладачі: САПОН СЕРГІЙ ПЕТРОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск: ЄРОШЕНКО АНДРІЙ МИХАЙЛОВИЧ, завідувач кафедри технологій машинобудування та деревообробки, канд. техн. наук, доцент.

Рецензент: ФРОЛОВ ВОЛОДИМИР КОСТЯНТИНОВИЧ, канд. техн. наук, доцент кафедри технології машинобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Зміст

1	Загальні методичні вказівки.....	4
1.1	Призначення курсового проєкту	4
1.2	Індивідуальне завдання та організація виконання і захисту курсового проєкту	4
1.3	Вимоги до обсягу та оформлення курсового проєкту	5
1.3.1	Структура курсового проєкту	5
1.3.2	Вимоги до оформлення пояснювальної записки курсового проєкту	6
1.3.3	Складання переліку посилань.....	9
1.3.4	Вимоги до оформлення графічної частини КП.....	10
1.3.5	Критерії оцінювання знань при виконанні курсового проєкту ...	12
2	Методичні рекомендації до виконання розділів курсового проєкту	15
2.1	Функціональне призначення складальної одиниці і деталі	15
2.1.1	Рекомендації щодо формулювання описання конструкції та роботи машини (механізму, агрегату, складальної одиниці)	15
2.1.2	Формулювання функціонального призначення машини (механізму, агрегату, складальної одиниці) і деталі	18
2.1.3	Формулювання функцій поверхонь деталі.....	29
2.2	Базування деталі в складальній одиниці	31
2.3	Аналіз технологічності конструкції деталі	33
2.4	Розмірний аналіз	35
2.5	Виявлення основних розмірних зв'язків поверхонь деталі.....	44
2.6	Основні технологічні задачі, що розв'язуються при обробці деталі..	45
2.7	Вибір способів і кількості переходів обробки поверхонь	47
2.8	Теоретичні схеми базування деталей	49
2.9	Обґрунтування вибору технологічних баз.....	52
	Рекомендована література	56
	Додаток А Приклад оформлення індивідуального завдання.....	58
	Додаток Б Додаткові технологічні вимоги до конструкції типових деталей .	60
	Додаток В Приклад оформлення титульних аркушів	63
	Додаток Г Приклад оформлення відомості проєкту	65

1 Загальні методичні вказівки

1.1 Призначення курсового проєкту

Курсовий проєкт (КП) призначений для закріплення теоретичних положень дисципліни «Основи технології машинобудування» і формування стійких практичних навичок розв'язання прикладних технологічних задач.

1.2 Індивідуальне завдання та організація виконання і захисту курсового проєкту

Вихідними даними до виконання курсового проєкту є індивідуальне завдання у вигляді складального кресленика або повністю зрозумілого з технічної точки зору зображення вузла, складальної одиниці (СО). Враховуючи, що виконання даної КП є також етапом підготовки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра, матеріали даної КП можуть використанні в дипломному проєктуванні. Приклад оформлення індивідуального завдання наведено в додатку А.

Виконання курсового проєкту здійснюється протягом одного семестру. Індивідуальні завдання здобувачам вищої освіти (ЗВО) видаються на першому тижні навчання. Приступати до виконання КП необхідно негайно після отримання завдання. Незрозумілі питання, що виникають при виконанні роботи потрібно з'ясовувати на консультаціях.

З метою забезпечення ритмічного та поетапного виконання курсового проєкту проводяться рубіжні контролі виконання розділів КП. Рубіжний контроль здійснюється керівником КП, а день проведення попередньо узгоджується зі ЗВО. В результаті рубіжних контролів керівник виявляє стан виконання розділів КП. Здобувачі вищої освіти, які вчасно або з випередженням виконують КП, отримують заохочувальні рейтингові бали.

Виконаний та оформлений відповідно до вимог даних методичних вказівок КП здається на перевірку не пізніше, ніж за десять календарних днів до початку екзаменаційної сесії згідно затвердженого графіку навчального процесу. За бажанням, ЗВО може додатково представити виконаний КП у вигляді мультимедійної презентації обсягом 10-15 слайдів, за яку також додатково нараховуються заохочувальні рейтингові бали.

Без виконаного та своєчасно захищеного курсового проєкту ЗВО не допускається до підсумкового контролю з дисципліни «Основи технології машинобудування». Несвоєчасно виконаним вважається курсовий проєкт, захищений після передекзаменаційної консультації або заліку.

1.3 Вимоги до обсягу та оформлення курсового проєкту

1.3.1 Структура курсового проєкту

Курсовий проєкт складається з пояснювальної записки (ПЗ) та графічної частини. Зміст пояснювальної записки наступний:

Індивідуальне завдання

Відомість проєкту

Зміст

1. Загальний розділ

1.1 Функціональне призначення складальної одиниці і деталі

1.1.1 Опис конструкції та роботи машини (механізму, агрегату), в склад якої входить задана складальна одиниця

1.1.2 Функціональне призначення машини (механізму, агрегату), в склад якої входить задана складальна одиниця

1.1.3 Опис конструкції та роботи заданої складальної одиниці

1.1.4 Функціональне призначення заданої складальної одиниці

1.1.5 Функціональне призначення деталі

1.1.6 Функції поверхонь деталі

1.2 Базування деталей в складальній одиниці

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

2. Розмірний аналіз

2.1 Визначення параметрів якості складальної одиниці

2.2 Вплив параметрів якості на функції складальної одиниці

2.3 Виявлення складальних розмірних ланцюгів

3. Технологічний розділ

3.1 Виявлення основних розмірних зв'язків поверхонь деталі

3.2 Основні технологічні задачі, що розв'язуються при обробці деталі

3.3 Вибір методів і кількості переходів обробки поверхонь

3.4 Теоретичні схеми базування деталі

3.5 Обґрунтування вибору технологічних баз

Перелік використаної літератури

Графічна частина курсового проєкту складається з наступних аркушів:

- кресленик складальної одиниці (формат А3-А1)
- кресленик деталі (формат А4-А2)
- схеми базування деталей в складальній одиниці (формат А2-А1)
- схеми складальних розмірних ланцюгів (формат А1)
- теоретичні схеми базування деталі (формат А2-А1)
- обґрунтування вибору технологічних баз (формат А2-А1).

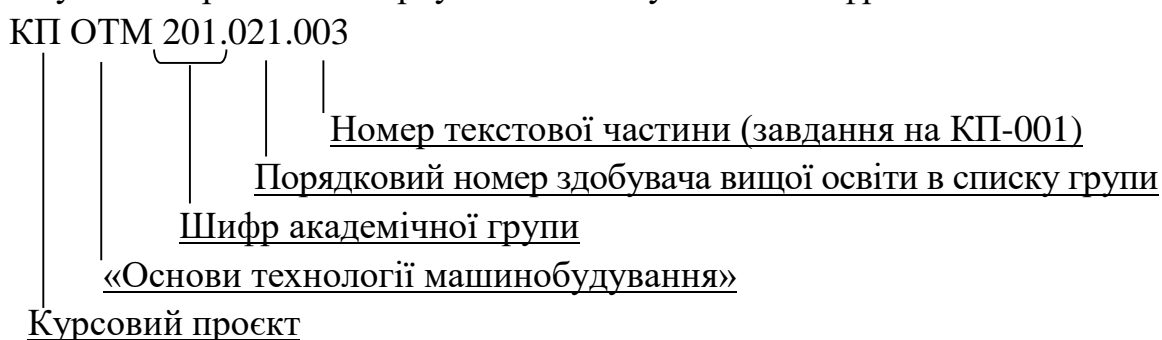
Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

Сумарна кількість аркушів графічної частини курсового проєкту не повинна бути меншою 3 аркушів формату А1.

1.3.2 Вимоги до оформлення пояснювальної записки курсового проєкту

Викладання матеріалу в пояснювальній записці (ПЗ) повинно відповідати вимогам ДСТУ 3008-2015.

Текст ПЗ друкують на принтері шрифтом 14 пт через 1,5 міжрядкові інтервали з одного боку аркушу формату А4 з обмежувальними рамками і основними надписами за формою 2 (ГОСТ 2.105-95). В штампі обмежувальної рамки всіх аркушів КП вказується її шифр:



Відразу після **титульного аркуша** (додаток В) ПЗ розміщується індивідуальне завдання (додаток А) та **відомість проєкту** (додаток Г), яка має шифр, аналогічний вищенаведеному з цифрами 002 в кінці шифру.

Зміст розташовують безпосередньо після індивідуального завдання до КП, починаючи з нової сторінки. До змісту вносять: послідовно перелічені назви всіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовки) роботи; перелік посилань; назви додатків і номери сторінок. Зміст за нумерацією ПЗ є четвертою сторінкою після індивідуального завдання та відомості курсового проєкту. Назви заголовків змісту повинні однозначно відповідати назвам заголовків ПЗ за текстом.

Заголовки розділів потрібно розміщувати симетрично тексту. Заголовки підрозділів пишуть з абзацу. Переносити слова в заголовках не допускається, крапку в кінці заголовка не ставлять. Кожний розділ потрібно розпочинати з нової сторінки.

Сторінки нумерують арабськими цифрами у відповідній графі обмежувальної рамки.

Матеріал ПЗ потрібно викладати коротко в логічній послідовності. В тексті повинні бути пояснення, розрахунки, ескізи, рисунки. **Не допускається** переписування з книг та інших інформаційних ресурсів

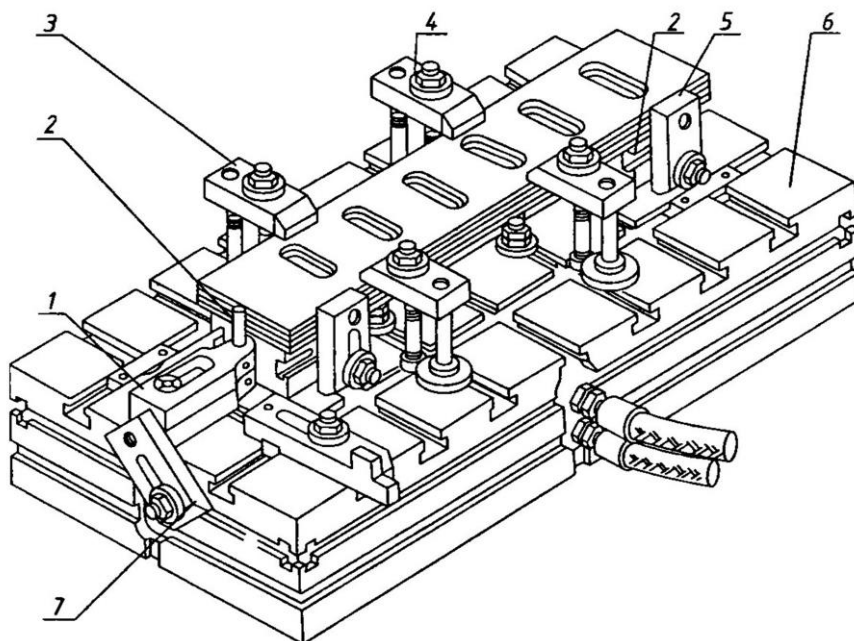
відомих положень та інформації без відповідних посилань на їх номер у переліку посилань вміщений у квадратних дужках. Наприклад:

В основу методу покладено створення пошукового поля можливих варіантів конструкції у вигляді морфологічної таблиці, яка вміщує можливі варіанти комбінацій конструктивних ознак. Методика виконання морфологічного аналізу детально висвітлена в численних наукових та навчальних виданнях [1, 3, 4, 6]

Розділи, підрозділи та пункти нумеруються арабськими цифрами, розділяються крапкою. Наприклад: “1.4” (четвертий підрозділ першого розділу), “1.2.3” (третій пункт другого підрозділу першого розділу). Підрозділи і пункти нумеруються в межах розділу.

Номер ілюстрації складається із номеру розділу і порядкового номеру ілюстрації в розділі, розділених крапкою. Наприклад: Рисунок 1.3 (третій рисунок першого розділу).

Номер рисунка розміщують під зображенням, за ним через тире вказується назва рисунка з великої літери. Наприклад: *Рисунок 2.6 – Схема затиску заготовки*. Якщо на рисунку вказані позиції елементів, то їх розшифрування вказується перед назвою рисунка. Наприклад:



1 – опора з базовим пальцем, 2 – базуючі елементи, 3 – прихват, 4 – гайка, 5 – базуючі пальці, 6 – базова плита, 7 – планки
Рисунок 2.2 – Пристрій для обробки назів сепаратора

Формули нумеруються арабськими цифрами в межах розділу. Номер формули складається із номера розділу і порядкового номера формули в розділі. Номер вказують на правому боці аркуша у круглих дужках на рівні формули. Пояснення значень символів у формулах слід писати зразу під формулою в тій же послідовності, як вони подані у формулах. Кожне пояснення пишеться з нового рядка, перший рядок розпочинається словом “де” без двокрапки. Наприклад:

Похибка базування внаслідок можливого повороту заготовки визначається, як:

$$\omega_{\phi} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{1\max} + S_{2\max}}{2L} \quad (2.5)$$

де $S_{1\max}$ – максимальний зазор між циліндричним пальцем і заготовкою, мм;

$S_{2\max}$ – максимальний зазор між ромбічним пальцем і заготовкою, мм;

L – відстань між осями отворів, мм.

Таблиці нумеруються послідовно арабськими цифрами. Номер таблиці вказується над таблицею зліва і повинен складатися з номера розділу та порядкового номеру таблиці розділених крапкою. Наприклад: *Таблиця 2.1* (перша таблиця другого розділу). Якщо таблиця переноситься на іншу сторінку її позначають так: *Продовження таблиці 2.1*. Кожна таблиця повинна мати заголовок. Таблицю розміщують після першого згадування про неї в такій формі, щоб її можна читати без повертання сторінки або з повертанням за годинниковою стрілкою. На всі таблиці повинні бути посилання в тексті, при цьому слово “Таблиця” пишуть повністю, наприклад: *в таблиці 2.4*. Вказане в повній мірі відноситься і до рисунків.

Наприклад:

Таблиця 2.1 – Морфологічна таблиця конструктивних ознак пристрою

№	Найменування ознаки	Варіанти ознаки		
		3	4	5
1	Спосіб затиску заготовки	Ручний	Пневматичний	Гідравлічний
2	Тип затискного механізму	Гвинтовий	Клиновий	Важільний
3	Спосіб базування заготовки	Нерухоме	Рухоме	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
4	<i>Матеріал затискача</i>	<i>Сталь</i>	<i>Поліуретан</i>	<i>Пластмаса</i>

1.3.3 Складання переліку посилань

Список літературних джерел та інших інформаційних ресурсів, використаних під час виконання КП оформляють з нової пронумерованої сторінки із заголовком «Перелік посилань».

Посилання на літературні джерела та інформаційні ресурси наводять в квадратних дужках, вказуючи порядковий номер за списком [1]. В списку кожне найменування літературного джерела записують мовою, якою воно видане, з абзацу і нумерують арабськими цифрами.

Перелік посилань слід формувати у порядку їх появи у тексті або за абеткою.

Бібліографічний опис інформаційних джерел складають відповідно до чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи:

- ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги і правила складання»;

- ДСТУ 3582-97 «Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові в бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила».

Посилання на деякі основні літературні джерела рекомендовано оформлювати наступним чином:

Книжки, навчальні посібники, підручники:

Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: навч. посібник для студ. вищих техн. навчальних закладів / С.Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія, 2007. – 567 с.

Буренніков, Ю. А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, І. А. Немировський, Л. Г. Козлов. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 273 с.

Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, А.І. Грабченко, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура. – 3-е вид. перероб. і доп. – Львів: Новий Світ-2000, 2020. – 471 с.

Методичні вказівки:

Сапон С.П. Основи технології машинобудування. [Методичні рекомендації до виконання курсового проекту для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування» всіх форм навчання.] / С.П. Сапон, С.Г. Бондаренко. – Чернігів: НУЧП, 2020. – 60 с.

Стандарти:

Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання науково-дослідних робіт. Загальні положення: ДСТУ 3973-2000 – [Чинний від 2001-07-01]. К.: Держстандарт України, 2001. – 18 с.

Інформаційні інтернет-ресурси

Сандвик коромант [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/pages/default.aspx>

Патенти:

Патент України на корисну модель 104015 UA, МПК F16C 32/06. Регульований радіальний сегментний гідростатичний підшипник / Сапон С.П., Цеков Б.В., Федориненко Д.Ю., Бойко С.В.; заявник і патентовласник Чернігівський національний технологічний університет. – № u 201506272; заявл. 25.06.2015; опубл. 12.01.2016, Бюл. № 1.

1.3.4 Вимоги до оформлення графічної частини КП

Графічна частина КП повинна відповідати вимогам діючих стандартів ЕСКД і ЕСТД, правилам нарисної геометрії та технічного креслення.

Формат аркушів повинен бути таким, щоб створювалось цілком повне враження і була вся інформація, необхідна для роботи з креслениками. Кількість проєкцій і перерізів повинна бути такою, яка б давала повне і однозначне уявлення про конструкцію. Не слід прагнути до надмірного збільшення або зменшення зображень на аркушах. Масштаб повинен бути таким, щоб неозброєним оком можна було розгледіти зображені на аркуші конструктивні елементи деталі, складальної одиниці, технологічні позначення тощо. Перевага віддається масштабу 1:1.

Рекомендації до оформлення кресленника деталі

Рекомендації з розробки креслеників типових деталей наведено в [9, 12 – 16] та інших довідниках і посібниках з конструювання деталей машин.

На кресленнику деталі необхідно обов'язково відобразити:

- деталь в необхідній кількості видів та проєкцій для повного і чіткого уявлення про її форму та конструктивні особливості;

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

- габаритні розміри деталі;
- розміри (з допусками), що визначають форму, розміри та положення базових (основні і допоміжні бази) та виконавчих поверхонь;
- вільні розміри, що уточнюють розміри та положення конструктивних елементів деталі;
- допуски форми (при необхідності) базових і виконавчих поверхонь;
- допуски розташування (при необхідності), що визначають положення базових і виконавчих поверхонь;
- розміри фасок, канавок, радіусів скруглень;
- довідкові розміри (на креслениках їх позначають *);
- шорсткість поверхонь;
- технічні умови до деталі.

Рекомендації до оформлення складального кресленника

На складальному кресленнику необхідно обов'язково відобразити:

- складальну одиницю в необхідній кількості проекцій, розрізів та видів для повного і чіткого уявлення про її конструктивні особливості;
- номери деталей згідно позицій специфікації;
- габаритні розміри;
- установчі розміри, що визначають спосіб встановлення та закріплення складальної одиниці при її монтажі у вузлі, машині тощо;
- приєднувальні розміри (з допусками), що визначають розміри та конструктивні особливості поверхонь деталей даної складальної одиниці, до яких будуть приєднуватись інші деталі при монтажі у вузлі, машині тощо; наприклад розміри кінців вхідного і вихідного валів редуктора або розміри отворів для приєднання трубопроводів;
- розміри з посадками всіх рухомих та нерухомих з'єднань, окрім різевих, які будуть утворюватися в процесі складання;
- довідкові розміри (на креслениках їх позначають *);
- технічні вимоги.

Специфікація до складального кресленника виконується у відповідності з вимогами ЕСКД і підшивається в кінці пояснювальної записки.

Перед поданням креслеників, конструктивних схем та технологічних ескізів на перевірку викладачеві здобувач вищої освіти повинен самостійно старанно перевірити правильність їх оформлення, відповідність вимогам і підтвердити це своїм підписом.

Перевірку слід проводити, відповідаючи на запитання:

1. Чи достатньо ясно представлена конструкція на кресленнику (схемі, ескізі), чи не має необхідності в додаткових перерізах, видах?

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

2. Чи не захарашений кресленик (схема, ескіз) зайвими проекціями та зображеннями?
3. Чи всі необхідні технічні характеристики відображені в технічних вимогах? Чи не треба доповнень?
4. Чи відповідає діючим стандартам, правилам та рекомендаціям нанесення розмірів, допусків, шорсткості та інших позначень?
5. Чи відповідають вибрані посадки характеру з'єднань деталей в СО?
6. Чи є зайві, недостаючі або такі, що повторюються розміри та літерні позначення?
7. Чи забезпечена технологічність деталей?
8. Чи відповідають призначені класи шорсткості поверхонь квалітетам їх точності?
9. Чи необхідна і вірно призначена термообробка?
10. Чи правильно заповнено штамп кресленика?
11. Наявність підпису виконавця.

1.3.5 Критерії оцінювання знань при виконанні курсового проекту

При виконанні КП оцінка знань здійснюється за наступною системою. Для підтвердження мінімального та достатнього рівня знань та умінь (**60 балів**) необхідно виконати курсовий проект в мінімально необхідному обсязі (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Мінімально необхідний обсяг курсового проекту

Вид робіт	Кількість балів
Виконання та оформлення пояснювальної записки	10
Кресленик складальної одиниці + специфікація	10
Кресленик деталі	5
Схема базування однієї деталі в складальній одиниці	2
Схеми трьох складальних розмірних ланцюгів	10
Розрахунок одного складального розмірного ланцюга двома методами	10
Теоретична схема базування однієї деталі при обробці заданої поверхні	3
Обґрунтування вибору варіанту базування для однієї поверхні деталі (2 варіанти базування з розрахунками)	10

Для підтвердження більш високого рівня знань та умінь (**62-100 балів**) необхідно виконати курсовий проєкт в мінімально необхідному обсязі, а необхідну кількість додаткових балів здобувач вищої освіти обирає особисто, виконуючи види робіт з переліку наведеного в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Види додаткових завдань та кількість балів

Вид робіт	Кількість балів
Схема базування однієї деталі в складальній одиниці	2
Схема одного складального розмірного ланцюга	5
Розрахунок одного складального розмірного ланцюга двома методами	10
Теоретична схема базування однієї деталі при обробці заданої поверхні	3
Обґрунтування вибору варіанту базування для однієї поверхні (2 варіанти базування з розрахунками)	10

За бажанням, здобувач вищої освіти може додатково представити КП у вигляді мультимедійної презентації обсягом 7-15 слайдів, за яку також додатково нараховуються заохочувальні рейтингові бали з розрахунку: **1 бал за кожний якісно виконаний слайд**. Якісно виконаним вважається слайд без помилок, з чітким відображенням тексту та графічних об'єктів на відстані не менше 5 метрів.

При виконанні КП заохочується креативність та новизна технічних рішень, запропонованих особисто здобувачем вищої освіти. Креативність та новизна конструкторських та технологічних рішень мають бути обґрунтовані з обов'язковим аналізом аналогічних за призначенням конструкцій, методик розрахунку, схем тощо та викладені окремим пунктом в тому розділі КП, до якого дане рішення відноситься. Наповнення цього пункту передбачає збір, систематизацію та аналіз інформації на основі вивчення навчальної, науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціальних періодичних видань, матеріалів тематичних виставок, патентів, інформаційних ресурсів мережі Internet тощо.

За кожне таке рішення здобувач вищої освіти **додатково отримує заохочувальні бали**. Кількість заохочувальних балів визначається виходячи з цінності та новизни запропонованих технічних рішень. Категорично не рекомендується занижувати оцінку (знецінювати)

креативність та прагнення здобувача вищої освіти проявити свої здібності та бажання виконувати завдання нетрадиційно.

З метою зниження негативного впливу критики на самооцінку, мотивацію здобувачів вищої освіти до навчання, самостійного пошуку та формулювання власних рішень та ідей, не заохочується виявлення керівником проекту помилок в розділах та графічній частині КП. Керівник повинен вказати на наявність та характер помилок (редакційні, графічні, лінгвістичні, в розрахунках тощо) в певних розділах КП, а виявлення та виправлення помилок повинен здійснювати виключно самостійно здобувач вищої освіти. Якщо студент не може самостійно знайти і виправити помилки, він може звернутися за допомогою до викладача.

Після виправлення помилок здобувач вищої освіти повторно подає КП на перевірку викладачу. При цьому дата підсумкової атестації залишається фіксованою, а індивідуальне завдання, що містить помилки вважається не виконаним до тих пір, поки всі помилки не будуть виправлені. Відмовитися від виконання індивідуального завдання здобувач вищої освіти може тільки з власної волі з відповідним зниженням кількості підсумкових балів.

Виконаний та оформлений відповідно до вимог даних методичних вказівок КП подається на перевірку не пізніше, ніж за **десять календарних днів** до початку екзаменаційної сесії згідно затвердженого графіку навчального процесу.

Своєчасність виконання курсового проекту стимулюється за рахунок застосування коефіцієнта своєчасності K_{CB} , на який множиться кількість балів, отриманих здобувачем вищої освіти за виконання курсового проекту. Значення коефіцієнта своєчасності наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Значення коефіцієнта своєчасності K_{CB}

Період протягом якого виконано і захищено курсовий проєкт	K_{CB}
За 30 днів до початку екзаменаційної сесії	1,5
В період 25-29 днів до початку екзаменаційної сесії	1,4
В період 20-24 днів до початку екзаменаційної сесії	1,3
В період 15-19 днів до початку екзаменаційної сесії	1,2
В період 8-14 днів до початку екзаменаційної сесії	1,1
В період 1-7 днів до початку екзаменаційної сесії	1,0

У випадку виявлення керівником КП факту несамостійного виконання проєкту, здобувачу вищої освіти видається нове завдання та призначається нова дата захисту КП.

2 Методичні рекомендації до виконання розділів курсового проєкту

2.1 Функціональне призначення складальної одиниці і деталі

Функціональне призначення складальної одиниці (деталі) – максимально уточнена і чітко сформульована задача, для розв’язання якої призначена складальна одиниця (деталь) [1, 2, 3].

Розробка функціонального призначення складальної одиниці та деталі складається з наступних етапів:

- опис конструкції та роботи машини (механізму, агрегату), в склад якої входить задана складальна одиниця;
- функціональне призначення машини (механізму, агрегату), в склад якої входить задана складальна одиниця;
- опис конструкції та роботи заданої складальної одиниці;
- функціональне призначення складальної одиниці;
- функціональне призначення деталі;
- функціональне призначення поверхонь деталі.

2.1.1 Рекомендації щодо формулювання описання конструкції та роботи машини (механізму, агрегату, складальної одиниці)

Метою формулювання описання конструкції і роботи машини (механізму, агрегату, складальної одиниці) є набуття ЗВО вміння структуровано, компактно, зрозуміло і чітко описувати технічні об’єкти та системи.

Опис конструкції та роботи машини (механізму, вузла, складальної одиниці) наводиться в довільній формі, але при цьому необхідно щоб була відображена наступна інформація в рекомендованій послідовності:

- 1) назва і конкретна галузь застосування машини (механізму, агрегату, вузла, агрегату, складальної одиниці);
- 2) перелік **основних** конструктивних елементів (деталей, складальних одиниць), з яких складається машина, вузол;
- 3) описання як і де встановлюється та закріплюється машина (вузол, механізм, складальна одиниця);
- 4) описати яким чином працює машина (механізм, вузол, складальна одиниця), виконуючи **основні функції** з конкретним посиланням на деталі і вузли (складальні одиниці нижчого порядку);

5) описати виконання машиною своїх **допоміжних функцій** з конкретним посиланням на деталі, вузли, складальні одиниці;

6) як здійснюється (пере)налагодження, регулювання і ремонт машини, вузла;

7) технічні характеристики вузла (за наявності).

Текст описання конструкції і роботи машини (механізму, агрегату, складальної одиниці) не обов'язково повинен містити всі вищеперелічені пункти і у вказаній послідовності, але має бути їх переважна більшість.

Текст описання рекомендується розбивати на абзаци. В кожному з абзацив має відобразитись певна інформація про конструкцію, яка описується відповідно до вищенаведених 7-ми пунктів.

Текст описання конструкції і роботи машини слід формулювати таким чином, що б в ньому було посилання на конкретні деталі і вузли машини у вигляді посилань на відповідні позиції рисунка, що ілюструє конструкцію машини (механізму, агрегату, складальної одиниці). Описання будь-якої конструкції без її ілюстрації неможливе!

Приклад формулювання описання конструкції пневматичного циліндра:

Пневмоциліндр (рисунок 2.1) застосовується в якості силового приводу в механізмі затиску пристрою для захоплення прутків $\varnothing 20$ мм.

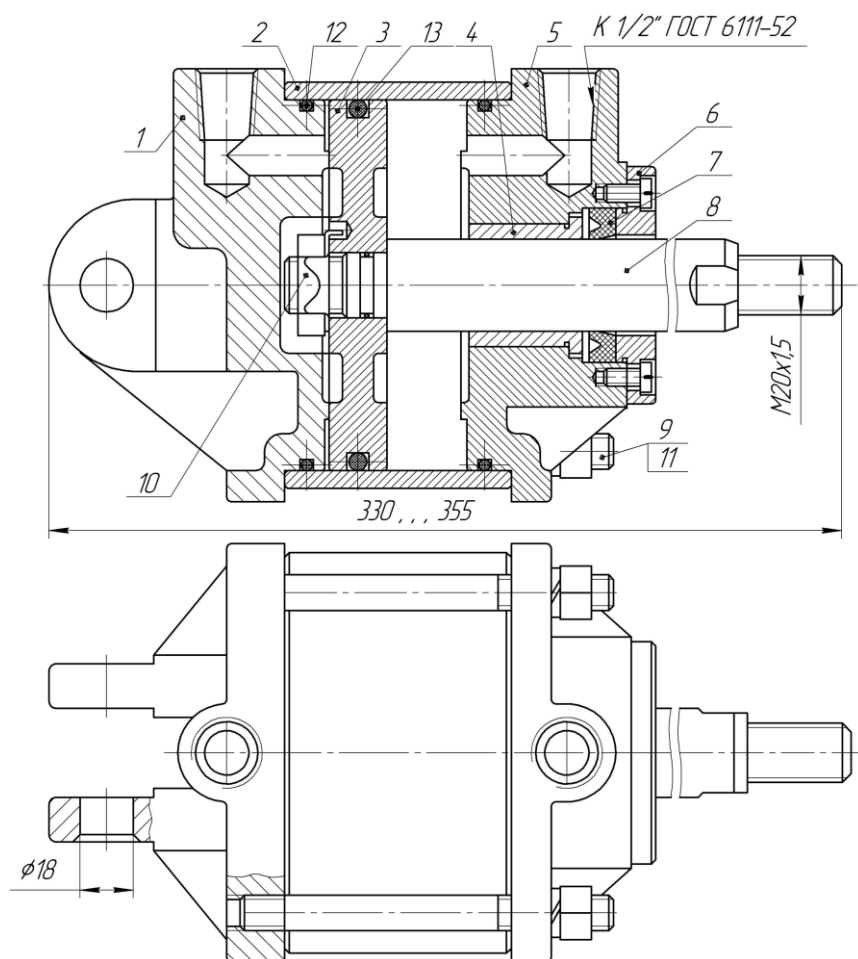
Даний пневмоциліндр двосторонньої дії. Основною функцією пневмоциліндра є перетворення енергії стиснутого повітря в зворотно-поступальний рух штока.

Допоміжними функціями є забезпечення величини зусилля затиску 800 ± 50 Н, швидкодії $2 \pm 0,5$ с, довжини робочого ходу штока $0 \dots 25$ мм, герметичності пневматичної системи, надійності та довговічності роботи протягом 2000 ± 50 годин машинного часу.

Конструктивно пневмоциліндр складається з передньої 1 та задньої 5 кришок, які встановлені в гільзу 2 і закріплені шпильками 9 з гайками 11. В отворі гільзи 2 переміщується поршень 3, здійснюючи робочий і холостий ходи.

На корпусі пристрою пневмоциліндр закріплюється шарнірно завдяки наявності проушин з отворами $\varnothing 18$ мм в задній кришці 1.

Для здійснення робочого ходу пневмоциліндра (затискання прутка) до отвору в задній кришці кришці 1 підводять стиснуте повітря під тиском $0,4$ МПа. Поршень 3 разом з штоком 8 під тиском повітря переміститься вліво, здійснюючи слів вплив на важільний механізм пристрою і затискаючи заготовку.



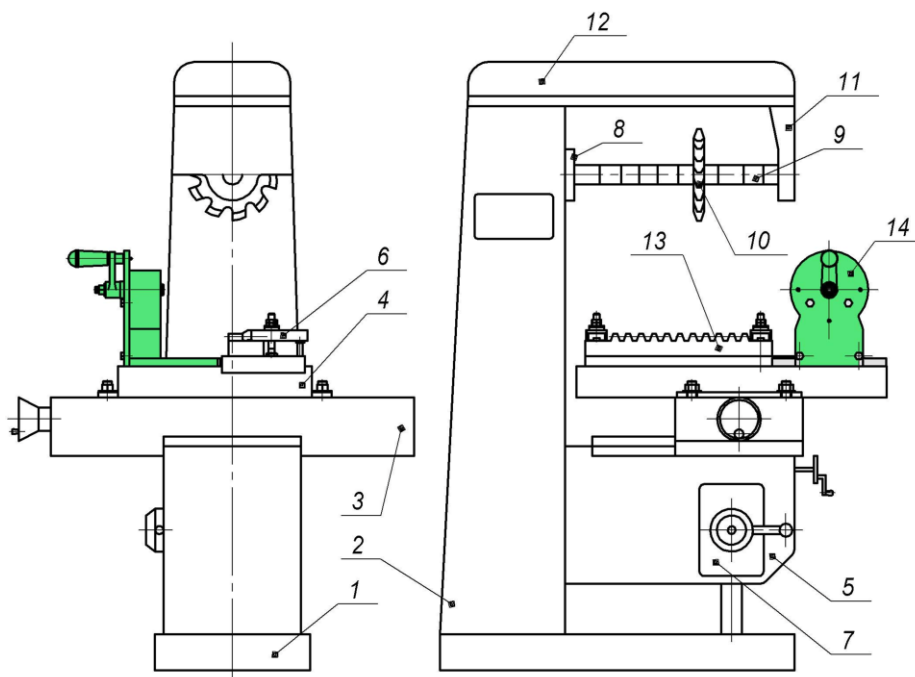
1 – задня кришка, 2 – гільза, 3 – поршень, 4 – втулка, 5 – передня кришка, 6 – кришка, 7 – манжета, 8 – шток, 9 – шпилька, 10, 11 – гайки, 12, 13 – кільця гумові

Рисунок 2.1 – До опису конструкції пневмоциліндра

Для звільнення обробленої заготовки повітря підводять до отвору в передній кришці 5. Поршень 3 разом з штоком 8 переміститься вправо в відбудеться звільнення обробленої деталі.

Необхідна величина зусилля затиску створюється завдяки тиску стиснутого повітря на торець поршня, герметичності пневматичної системи живлення пневмоциліндра та мінімальним втратам на тертя завдяки точності виготовлення деталей та складання пневмоциліндра.

При формулюванні підрозділу **«Опис конструкції та роботи машини (механізму, агрегату), в склад якої входить складальна одиниця»**, необхідно обов'язково відобразити місце встановлення заданої складальної одиниці в машині (механізмі, агрегаті). Задану складальну одиницю на рисунку необхідно виділити будь-яким способом, який дозволяє її швидко візуально відокремити від інших вузлів та елементів машини (рисунок 2.2).



1 – фундаментна плита, 2 – станина, 3 – стіл поздовжній, 4 – стіл поперечний, 5 – консоль, 6 – прихват, 7 – коробка подач, 8 – шпиндель, 9 – оправка, 10 – фреза, 11 – підвіска, 12 – хобот, 13 – оброблювана рейка, 14 – ділильний пристрій

Рисунок 2.2 – До опису конструкції та принципу роботи горизонтально-фрезерного верстата

2.1.2 Формулювання функціонального призначення машини (механізму, агрегату, складальної одиниці) і деталі

Будь-яку машину створюють для задоволення певних потреб суспільства (людини). Ступінь корисності машини визначається відповідно до її службового (функціонального) призначення

Метою формулювання функціонального призначення машини (механізму, агрегату, складальної одиниці) є формування у студента чіткого розуміння сфери застосування та умов в яких працює задана складальна одиниця, а також набуття студентом вміння чітко формулювати функціональне призначення технічних об'єктів та систем.

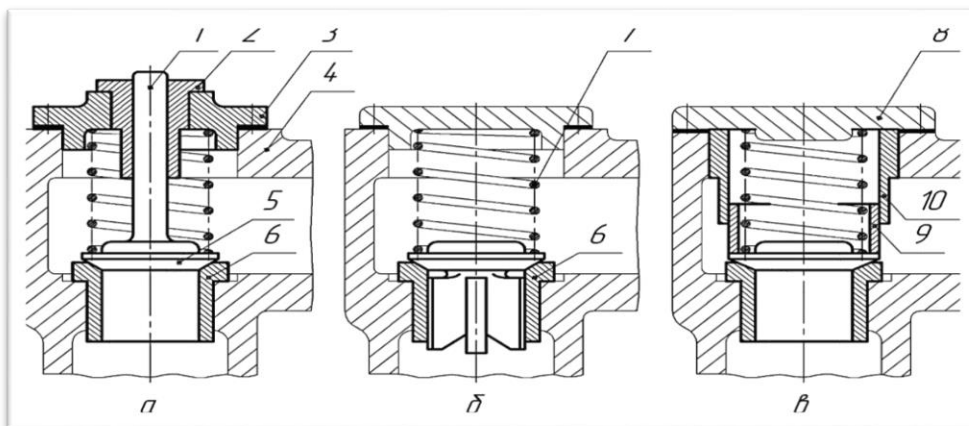
Навички, отримані при формулюванні функціонального призначення, сприяють формуванню вміння чітко і конкретно формулювати цілі та критерії їх досягнення в будь-якій сфері життєдіяльності людини.

Формулювання функціонального призначення складальної одиниці є дуже відповідальним етапом процесу її створення. Помилки, допущені при формулюванні та уточненні функціонального призначення, призводять до створення неякісних машин, зайвих витрат праці при їх виготовленні, освоєнні і експлуатації. Тому розробці технології виготовлення складальної одиниці повинні передувати глибоке вивчення задач, для розв'язання яких призначена складальна одиниця, і точне формулювання її функціонального призначення.

Будь-яка машина містить систему службових функцій, які визначають принцип її функціонування і конструктивно являє собою систему конструктивних елементів для реалізації цих функцій.

Певна конструкція може реалізувати лише одну функцію, але одна й та ж службова функція може бути реалізована різними варіантами конструкції.

Наприклад, службова функція запобіжного клапана – підтримувати сталий тиск в системі – може реалізовуватись різним конструктивним виконанням (рисунок 2.3).



1 – шток клапана; 2 – напрямна втулка; 3 – кришка; 4 – корпус;
5 – тарілка клапана; 6 – сідло клапана; 7 – пружина; 8 – кришка з
напрямною втулкою 9, 10 – напрямна клапана

Рисунок 2.3 – Конструктивне виконання запобіжного клапана з верхнім (а, в) і нижнім (б) направленням

Виходячи з цього, проектування виробу поділяється на функціональне проектування, при якому формується принцип його функціонування та технічне проектування, при якому на основі обраного принципу функціонування створюється конструкція виробу, чи його складальної одиниці.

Відповідно **функціональна структура** виробу $S_{\phi} (\{F\}, \{Q\})$,

де $\{F\}$ – множина функцій;

$\{Q\}$ – множина відношень між функціями.

Технічна структура $S_T (\{E\}, \{R\})$,

де $\{E\}$ – множина конструктивних елементів;

$\{R\}$ – множина відношень між елементами.

Будь-який реальний об'єкт сприймається нами як сукупність його окремих ознак. Наприклад, зубчасте колесо є сукупністю зубчастого вінця, з'єднаного диском з маточиною, яка має шпонковий паз для передачі крутного моменту.

Ознаки (властивості), які характеризують об'єкт в певних умовах, називають **службовими функціями**. Розрізняють основну і допоміжні функції.

Основна функція об'єкта – ознака, яка визначає його сутність, призначення, для реалізації якої створюється об'єкт і без якої він, як виріб, втрачає свою споживчу вартість, корисність.

Для визначення основної функції потрібно відповісти на питання:

- 1) Для чого існує або створений об'єкт ?
- 2) Яку задачу виконує об'єкт? Що робить об'єкт?
- 3) Яка від об'єкта користь?
- 4) Що станеться, якщо об'єкт видалити?

Так, основними функціями металорізального верстата – є обробка заготовок деталей; різального інструменту – різання; ізолятора – створення ізоляції; компресора – стиснення і перекачування повітря (газу); зубчастого колеса – передача крутного моменту і т.д.

Допоміжна функція об'єкта – ознака, яка доповнює, розвиває і уточнює основну функцію. Допоміжна функція може принципово не впливати на основні функції об'єкта, але забезпечує певні умови його функціонування.

Наприклад, допоміжною функцією зубчастого колеса є визначення положення (базування) інших деталей, які до нього приєднуються.

Для окулярів основною функцією Φ_o є «корегування зору», а допоміжними функціями є: Φ_{o1} – забезпечувати фіксацію лінз на обличчі, і Φ_{o2} – забезпечувати відповідний естетичний рівень.

Матеріальними носіями цих функцій відповідно є: лінзи, дужки оправ і оправа в цілому. Основною функцією оправ є «Кріплення лінз і забезпечення міжосьової відстані» і т.д.

Як бачимо, один матеріальний носій може брати участь в реалізації декількох функцій, а одна функція може бути реалізована за допомогою різних носіїв.

Матеріальним носієм функції є окремий елемент об'єкта (вузол, деталь, поверхня деталі), чи їх сукупність, які реалізують дану функцію (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Функції деяких елементів машини та типових деталей

Елемент	Приклад	Функції: основна (Φ_o), допоміжна (Φ_d)	
Вузол	Супорт токарного верстату	Φ_o	Створює координатну систему для маніпулювання інструментом в робочому просторі
	Зубчаста передача	Φ_o	Перетворює частоту обертання
	Демпфер	Φ_o	Гасить коливання
Деталь	Корпус з кришкою	Φ_o	Забезпечують сталу точність розташування деталей і механізмів
		Φ_{o_1}	Створюють замкнутий простір
		Φ_{o_2}	Забезпечують плавність роботи деталей і механізмів
		Φ_{o_3}	Гасять вібрації
	Вал	Φ_o	Передача зусилля обертання з переносом вздовж вісі
		Φ_{o_1}	Орієнтує деталі в складальній одиниці
		Φ_{o_2}	Надає деталям обертового руху
	Станина, рама	Φ_o	Координує основні вузли і механізми (в деяких випадках спрямовує їх рух)
	Шестерня	Φ_o	Передає зусилля обертанням
		Φ_{o_1}	Зменшує (збільшує) кількість обертів
	Важіль	Φ_o	Передає силу сполученим деталям
		Φ_{o_1}	Переміщує деталі із заданою швидкістю
		Φ_{o_2}	Фіксує положення деталей
	Шпонка, штифт	Φ_o	Запобігає прокручуванню
	Колінчастий вал	Φ_o	Перетворює поступальний рух в обертовий або навпаки
Φ_{o_1}		Орієнтує деталі	
Кожух, оболонка, кришка	Φ_o	Розділяє, відділяє від середовища, запобігає, захищає	
Шатун	Φ_o	Передає рух	
Елементи деталі	Поверхня	Φ_o	Спрямовує, обмежує, створює площадку контакту
Елементи деталі	Зуб шестерні	Φ_o	Передає зусилля зчепленням
	Шліци вала	Φ_o	Спрямовують осьове зміщення
		Φ_d	Передають обертання
	Виступ, упор	Φ_o	Обмежує переміщення
Φ_d		Сприймає зусилля	

Наприклад, основну функцію зубчастого колеса (передача крутного моменту) реалізують зубчастий вінець і бічні поверхні шпонкового пазу маточини. Допоміжну функцію зубчастого колеса (базування інших деталей) зазвичай реалізують торці маточини.

Багато виробів володіють одночасно кількома властивостями, тому у них кількість функцій достатньо велика.

Розрізняють найважливіші допоміжні функції, чи допоміжні функції першого порядку, які безпосередньо зв'язані з основними функціями і забезпечують умови для виконання об'єктом основних функцій і другорядні допоміжні функції, чи допоміжні функції другого порядку, пов'язані, як правило, з виконанням найважливіших допоміжних функцій. В складних системах можуть бути допоміжні функції третього, четвертого та більшого порядків.

Віднесення функцій до основних і допоміжних залежить від об'єкту аналізу відповідно до ступеня ієрархії системи.

Так, для легкового автомобіля функція «розвивати потужність привода» є допоміжною, якщо ж об'єктом аналізу є двигун, то для нього ця функція є основною.

Формулювання функцій потребує розділення об'єкта на самостійні елементи, оскільки вони є матеріальними носіями функції.

При виділенні структурних елементів об'єкту керуються наступними вимогами до елементів: відносна самостійність, суттєвість для виробу в цілому, стійка відмінність, наявність характерних ознак для виявлення меж.

Особливу увагу слід звернути на якісне, скрупульозне виявлення всіх виконуваних об'єктом і його елементами функцій. Для виявлення допоміжних функцій корисним буде пошук відповіді на низку питань:

- 1) Як має виконувати складальна одиниця (деталь) свою задачу?
- 2) Без чого (яких властивостей) складальна одиниця (деталь) буде непотрібною?
- 3) Якщо збільшити (зменшити) які-небудь параметри (функціональні, розмірні, точнісні, міцнісні) виконавчих поверхонь, що зміниться?

Формулювання кожної функції повинно бути виражене найкоротше (лаконічно) – дієсловом та іменником. Це обумовлено тим, що при більшій кількості слів, можуть стиратися межі між окремими функціями.

Наприклад, функція підйомного крана – переміщувати вантажі; вала двигуна – передавати крутний момент тощо.

В деяких випадках при формулюванні функцій може використовуватись прикметник (наприклад, «надійний», «швидкорозчинний», «якісний»), але

потрібно чітко усвідомлювати критерії, за якими можна визначити, що ці прикметники-ознаки виконання функцій будуть досягнуті.

Не завжди вдається зразу чітко формулювати функції. Це потребує доброго знання призначення вивчаемого об'єкта, принципу його роботи, технічних характеристик, переваг і недоліків тощо. Зазвичай, якщо є хоча б ця інформація, виявлення основних і допоміжних функцій не викликає труднощів. Лаконічність і точність формулювання основних і допоміжних функцій як навик формується з досвідом.

Неможливість чітко й коротко сформулювати функцію об'єкта свідчить про необхідність продовжити вивчення призначення об'єкта, після чого знову повернутися до формулювання його функцій.

Формулювання функціонального призначення об'єкту (машини, складальної одиниці, деталі) повинно відбивати не тільки загальну задачу (основну функцію), але і усі додаткові функції, умови і вимоги, які цю задачу максимально уточнюють і конкретизують:

1) вичерпні дані про дію, яку об'єкт повинен здійснювати (виконувати), її вид, параметри, якість і кількість;

2) показники продуктивності, економічну ефективність, довговічність і надійність об'єкта (машини вузла, деталі, поверхні);

3) перелік умов, в яких об'єкт має працювати: якість вхідного продукту, енергії, що споживається, режим роботи, стан навколишнього середовища тощо;

4) вимоги до зовнішнього виду, безпеки праці, зручності і простоти обслуговування і керування, рівня шуму, коефіцієнта корисної дії (ККД), ступеня механізації і автоматизації тощо.

Помилки, допущені при виявленні та уточненні функціонального призначення машини, складальної одиниці, деталі призводять до створення неякісних об'єктів зайвих витрат праці при їх виготовленні та експлуатації.

Оскільки будь-яка машина створюється для здійснення технологічного процесу виготовлення тієї чи іншої продукції, з метою задоволення якоїсь потреби людини, суспільства. Тому формулювання функціонального призначення слід починати саме з вивчення і опису цього процесу.

Формулювання функціонального призначення повинно складатися з двох основних частин: **загальної** частини та **уточнень**. Формулювання загальної частини функціонального призначення (основної функції) зазвичай, не викликає труднощів. Наприклад, токарний верстат призначений для обробки тіл обертання, автомобіль - для перевезення вантажів.

Але загальна частина формулювання ще не розкриває конкретного призначення машини та її специфічних особливостей. Наприклад, до тіл обертання відносяться і валики годинникових механізмів, і вали коробок швидкостей верстатів, і колони важких пресів. Неможливо, та й нема необхідності, створювати такий верстат, на якому можна було б обробляти заготовки будь-яких із цих деталей. Тобто, слід уточнити розміри валів, для обробки яких призначено верстат.

Подальше **уточнення** функціонального призначення токарного верстата повинно бути пов'язано з кількістю заготовок, які підлягають обробці. Якщо верстат призначено для виготовлення широкої номенклатури і невеликої кількості деталей, його конструкція повинна мати універсальний характер, якщо для масового випуску однакових деталей - спеціальний.

Наступне уточнення функціонального призначення пов'язано з вимогами, які пред'являються до точності деталей, що будуть виготовлятися на верстаті: точність діаметральних і лінійних розмірів, точність форми, точність відносних поворотів, а також шорсткість оброблюваних поверхонь.

Необхідно також уточнити режими, при яких повинна вестись обробка: тип заготовок, їх матеріал, продуктивність обробки, рівень автоматизації процесу, умови, в яких має працювати верстат (можливі коливання температури навколишнього середовища, вологість і запиленість повітря) і т. ін.

Те саме стосується і автомобіля. Необхідно уточнити, для перевезення яких вантажів він передбачений, якої маси, на які відстані, з якою швидкістю, стан шляхів тощо.

Якщо вантажем є будівельні матеріали, то залежно від їх виду створюється і певний автомобіль: для перевезення залізобетонних плит, цементу, залізобетонних блоків і т. ін.

Якщо вантажем є люди, потрібні такі уточнення: кількість пасажирів, відстань, стан шляхів, швидкість, рівень комфорту і т. ін.

Залежно від зроблених уточнень автомобілі можуть значно відрізнятись. Від малолітражного легкового автомобіля до автобуса для міжміських сполучень.

Таким чином, формулюючи функціональне призначення конкретної машини (виробу), слід як можна глибше його уточнити і обов'язково виразити ці уточнення кількісно з допустимими відхиленнями.

Кількісні показники з допустимими відхиленнями потрібні для визначення в подальшому, при виготовленні та експлуатації, критеріїв виконання (невиконання) машиною (виробом) своїх функцій.

Сукупність якісних показників, які описують функціональне призначення машини (вузла, деталі), з установленими на них допусками являють собою **технічні умови (ТУ)** і **норми точності** на приймання готової машини (вузла, деталі).

Детальне формулювання функціонального призначення об'єкта створює його первісний образ і є важливим моментом розробки технічного завдання на проектування.

Для **конструктора** воно являється вихідним при проектуванні машини (вузла, деталі), для **технолога** - при розробці технологічних процесів виготовлення. Для того, щоб завдання, які розв'язуються за допомогою машини, були чітко визначені і правильно реалізовані технолог повинен критично оцінювати ТУ і норми точності на машину (вузол, деталь). Таким чином, ТУ являє собою завдання, яке потрібно розв'язати як у процесі конструювання машини, так і при її виготовленні. Тому якість створюваної машини забезпечується як конструктором так і технологом.

При формулюванні функціонального призначення об'єктів потрібен системний підхід. Так, наприклад верстат, являючись системою взаємозв'язаних деталей і складальних одиниць, входить, як складова частина, у надсистему виготовлення продукції; складальна одиниця, являючись системою деталей, входить, як підсистема у верстат (машину); деталь як система взаємозв'язаних поверхонь, входить як підсистема у складальну одиницю.

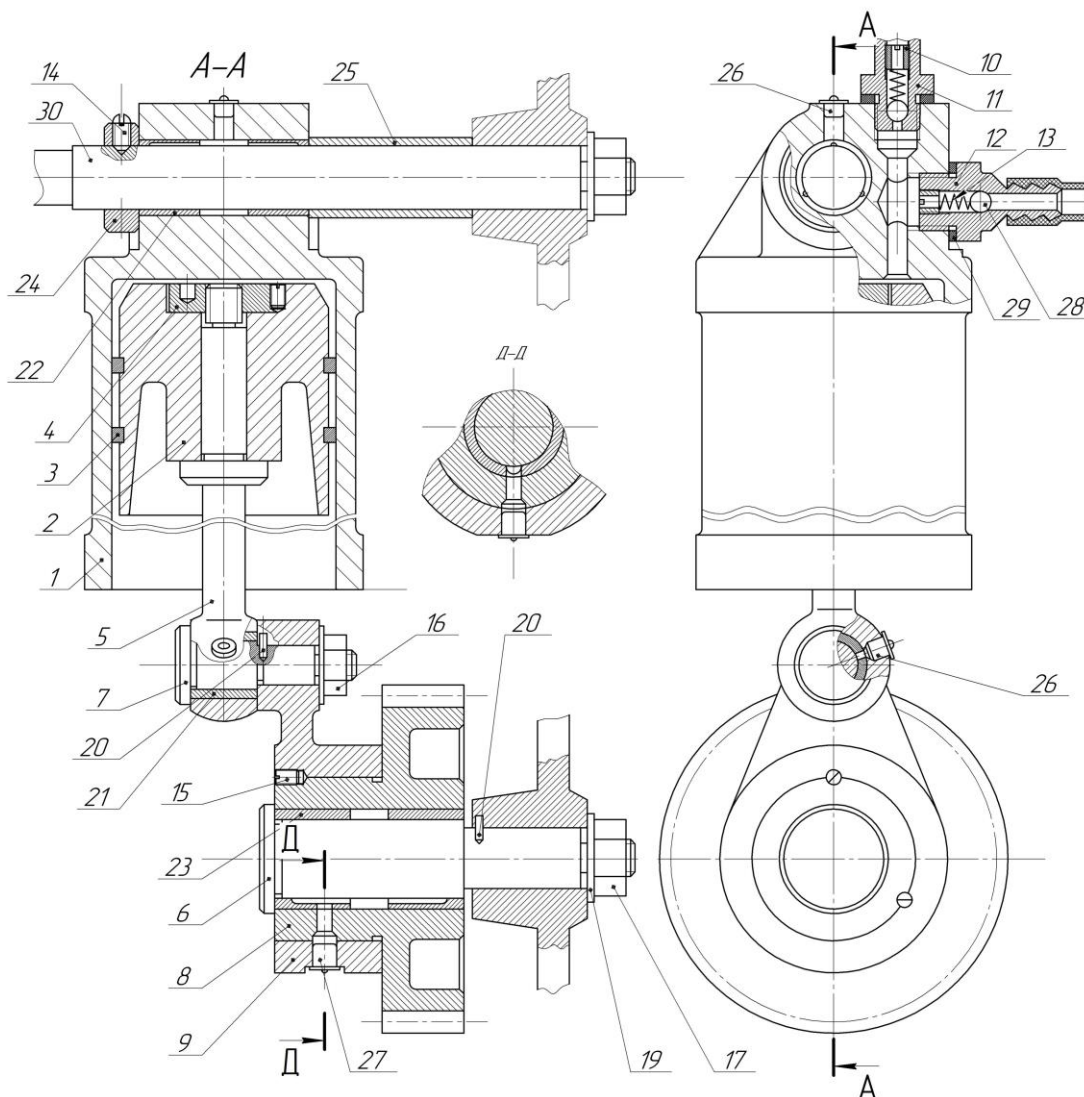
Тому при формулюванні функціонального призначення складальної одиниці необхідно сформулювати і чітко уявити собі функціональне призначення машини, для деталі - функціональне призначення складальної одиниці, оскільки, знаючи вимоги до системи, можна розробляти вимоги до підсистеми.

Конструкція, функції, норми точності, технічні характеристики та інша інформація про складальну одиницю описується в спеціалізованій літературі та інших інформаційних джерелах. Ретельне опрацювання цих джерел спрощує формулювання службового призначення.

Приклад формулювання функціонального призначення повітряного насосу наведено на наступних сторінках.

Загальна частина формулювання функціонального призначення деяких типових деталей має узагальнені формулювання наведені нижче.

Повітряний насос (рисунок 2.4) призначений для відсмоктування газів з домішками крапельної рідини при створенні зони розрідження в ємності низького тиску трубопровідної системи перекачування світлих нафтопродуктів.



1 – циліндр, 2 – поршень, 3 – кільце поршневе, 4 – гайка спеціальна, 5 – шток, 6 – вісь кривошипа, 7 – палець, 8 – колесо зубчасте, 9 – кривошип, 10 – гайка регульовальна, 11, 12 – корпуси клапанів, 13 – пружина, 14, 15 – гвинти, 16, 17 – гайки, 18, 19 – шайби, 20 – штифт, 21 – 23, 25 – втулки, 24 – кільце, 26, 27 – маслянки, 28 – кулька, 29 – гумова прокладка, 30 – вісь

Рисунок 2.4 – До опису конструкції повітряного насоса

Основна функція (Ф_о) – відсмоктування газів.

Допоміжні функції (Ф_д):

Ф_{д1} – забезпечення продуктивності $0,75 \pm 0,05 \text{ м}^3/\text{хв}$;

Ф_{д2} – забезпечення величини тиску на виході з насосу $101 \pm 1,0 \text{ КПа}$.

Ф_{д3} – забезпечення величини ККД не менше $\eta = 0,75$.

Ф_{д4} – забезпечення допустимого рівня шуму 70 дБ.

Ф_{д5} – забезпечення вимог безпеки та ергономічності.

Ф_{д6} – забезпечення показників надійності протягом гарантованого терміну експлуатації 10000 ±100 годин машинного часу.

Відсмоктування і нагнітання повітряним насосом газів здійснюється за допомогою всмоктуючого і нагнітаючого клапанів золотникового типу з робочим тиском спрацьовування відповідно 5,1±0,5 КПа і 101±1,0 КПа.

Тиск залишковий мінімальний при нульовій продуктивності 0,73±0,01 КПа.

Швидкість руху поршня в циліндрі не повинна перевищувати 1,5-2 м/с (при номінальній продуктивності).

Хід поршня 160±1 мм. Номінальна частота обертання кривошипа 400±5 хв⁻¹. Допустима температура нагрівання поршневих кілець t=75±5⁰С.

Планове технічне обслуговування повітряного насоса через кожні 24 години експлуатації. Середній термін експлуатації при періодичному режимі роботи не менше 5 років, або 10000±40 годин. Рекомендована температура навколишнього середовища при експлуатації насоса 20⁰±10⁰С. Інтервал допустимої температури експлуатації насоса -20⁰...+ 40⁰С. Відносна вологість повітря 75±10%.

Необхідна величина тиску розрідження, герметичність, продуктивність повітряного насоса забезпечуються відповідним герметичним з'єднанням клапанів 11 і 12 з циліндром та щільністю посадки поршня в циліндрі, яка реалізується за допомогою поршневих кілець 3. Величина ККД не менше η=0,75 забезпечується точністю і плавністю переміщень та мінімальними втратами на тертя в рухомих елементах повітряного насоса.

Для змащення поверхонь деталей повітряного насоса, що піддаються тертю використовувати мастило ЦИАТИМ-221 ГОСТ 9433-80. Періодичність змащення через кожні 24 години експлуатації.

Вали, шпинделі призначені для орієнтації деталей, які вони несуть у складальній одиниці, і надання деталям обертового руху з визначеною швидкістю і крутним моментом.

Колінчасті вали служать для перетворення поступального руху в обертальний або навпаки.

Шатуни двигунів служать для перетворення зворотно-поступального руху поршня на шатунну шийку колінчастого вала.

Станини і рами призначені для координації основних вузлів і механізмів машини, а в деяких випадках і для спрямованості їх руху.

Важелі призначені для передачі сили сполученим деталям для переміщення їх з належною швидкістю або для фіксації положення.

Зубчасті колеса служать для передачі крутного моменту від одного вала до іншого зі зміною, або без зміни швидкості обертання.

Корпусні деталі призначені для забезпечення сталої точності відносного розташування деталей і механізмів як у статичному стані, так і в процесі експлуатації машини, а також повинні забезпечувати плавність їх роботи і відсутність вібрації.

Приклад формулювання функціонального призначення корпусу:

Корпус черв'ячного редуктора (рисунок 2.5) призначений для виконання наступних нищенаведених функцій.

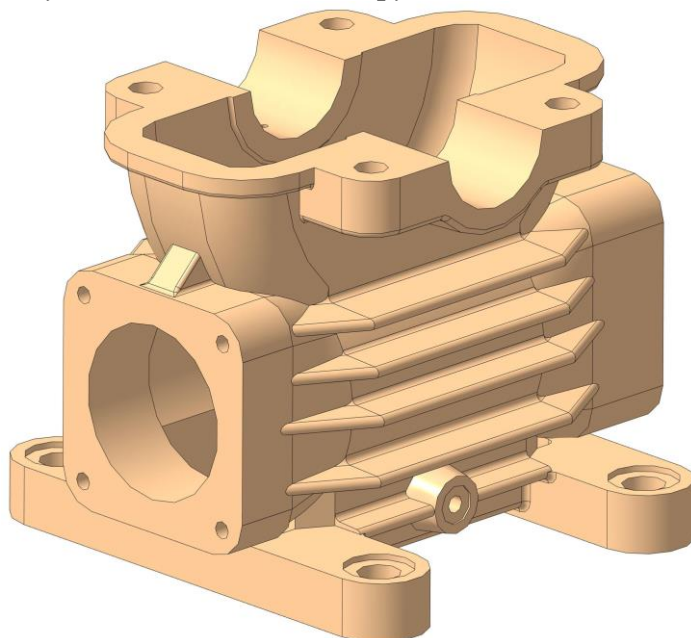


Рисунок 2.5 – Тривимірна модель корпусу черв'ячного редуктора

Основна функція (Ф_о): забезпечення сталої точності відносного розташування черв'яка і черв'ячного колеса як в статичному стані, так і в процесі експлуатації.

Допоміжні функції (Ф_д):

Ф_{д1} – забезпечення разом з кришками підшипникових вузлів герметичності порожнини редуктора;

Ф_{д2} – забезпечення жорсткості конструкції редуктора;

Ф_{д3} – забезпечення плавності роботи черв'ячної передачі;

Ф_{д4} – гасіння вібрацій;

Ф_{д5} – орієнтування та закріплення редуктора на рамі соковижимного преса

Ф_{д6} – забезпечення безпеки при складанні та експлуатації редуктора

Ф_{д7} – забезпечення показників надійності протягом заданого періоду експлуатації

Корпус повинен бути достатньо міцним і жорстким. Допустиме статичне навантаження, яке сприймається корпусом, не повинно перевищувати 2450 ± 10 Н; динамічне одноразове навантаження 2670 ± 10 Н.

Міцність і жорсткість досягається відповідним конструктивним виконанням корпусу редуктора та фізико-механічними властивостями матеріалу СЧ 15 ГОСТ 1412-85, з якого він виготовлений.

Корпус редуктора разом з кришкою повинен утримувати мастило всередині редуктора, тобто втрати мастила не допустимі, також не допустиме попадання в середину пилу, сміття, води. Зовнішні й внутрішні поверхні корпусу не повинні мати раковин, порожнин, сколів, тріщин та інших ливарних дефектів. На зовнішніх поверхнях корпусу не допускається наявність гострих країв та кутів для забезпечення безпеки при складанні і експлуатації.

Необроблені внутрішні поверхні корпусу, які знаходяться в масляній ванні редуктора пофарбувати після ґрунтовки маслостійкою фарбою МЛ-12 червоного кольору за ГОСТ 6631-83. Зовнішні, механічно необроблені поверхні корпусу фарбувати атмосферною нітроемаллю НЦ-25 за ГОСТ 926-82 в колір технологічного обладнання.

Корпус редуктора передбачений для експлуатації при температурі навколишнього середовища від $20^0 \pm 10^0 \text{C}$, відносній вологості повітря $70 \pm 10\%$.

2.1.3 Формулювання функцій поверхонь деталі

На кожну деталь у машині покладається виконання певних функцій, що впливають із основної функції, для реалізації якої і створюється машина. В сукупності ці функції повинні відображатись і максимально уточнюватись в функціональному призначенні деталі. Функціональне призначення деталі реалізується її поверхнями, які виконують певні функції.

Поверхні деталей, за допомогою яких сама деталь, машина (вузол, складальна одиниця) виконує своє функціональне призначення, називаються **виконавчими**. Наприклад, у зубчастого колеса - це бічні поверхні зубців та бічна поверхня шпонкового пазу в отворі, які забезпечують передачу зубчастим колесом крутного моменту. У корпуса редуктора виконавчими є всі поверхні, які визначають положення деталей редуктора як в статичному стані, так і в процесі експлуатації. У поршня двигуна внутрішнього згорання - це канавки під кільця і отвори під поршневий палець і т.д.

Основні бази - поверхні деталі, які визначають її положення у виробі.

У вала 1, наприклад (рисунок 2.6) - це підшипникові шийки і одна з торцевих поверхонь; у зубчастого колеса 2 - отвір, торець та бічна поверхня шпонкового пазу.

Допоміжні бази - поверхні деталі, які визначають положення приєднаних до неї інших деталей.

Наприклад, у вала - це шийка і прилеглий торець, які орієнтують зубчасте колесо; шпонковий паз, який орієнтує шпонку відносно вала.

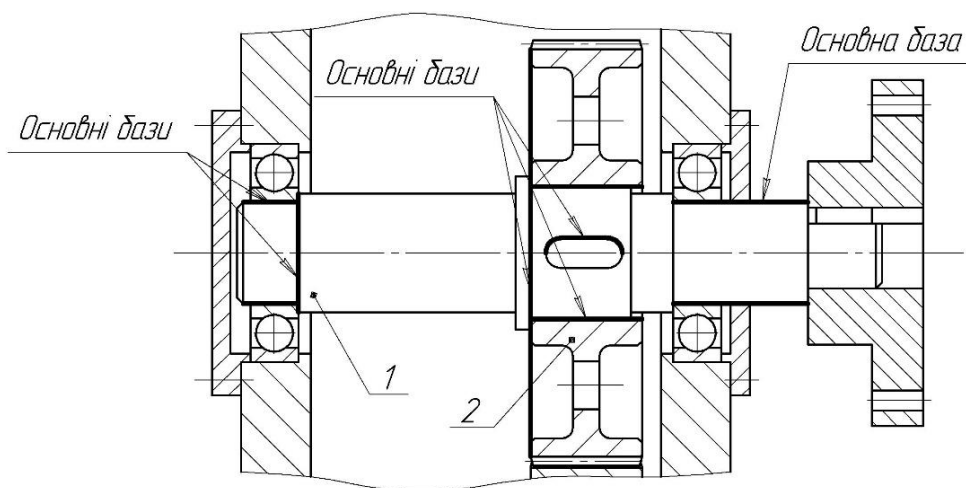


Рисунок 2.6 – До визначення основних баз деталей

У курсовому проєкті функціональний аналіз поверхонь деталей необхідно представити у вигляді ескіза та таблиці, приклади оформлення яких наведено нижче.

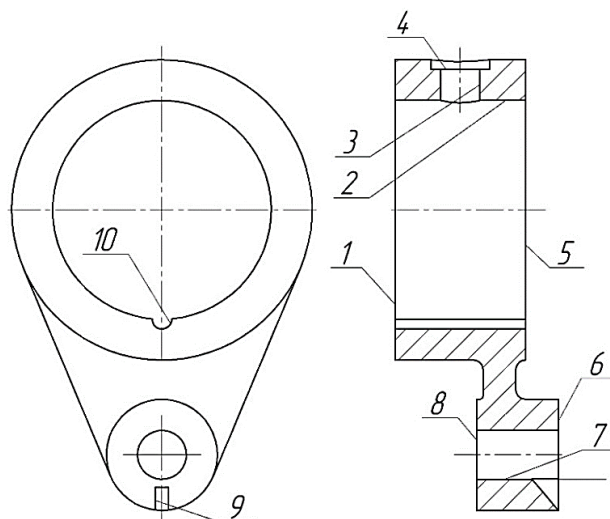


Рисунок 2.7 - До визначення функцій поверхонь кривошипа

Таблиця 2.2 – Види та функції поверхонь кривошипа

Функції	Вид поверхні	Позначення поверхонь
Перетворення обертання зубчастого колеса 8 у зворотно-поступальне переміщення штока 2	Виконавчі поверхні	2, 7
Визначення положення штока 5		6
Визначення положення кривошипа	Основні бази	1, 2, 10
Визначення положення маслянки 27	Допоміжні бази	3, 4
Визначення положення пальця 7		6, 7
Визначення положення шайби 18		8
Визначення положення штифта 20		9

2.2 Базування деталі в складальній одиниці

Виконання даного підрозділу рекомендується виконувати в наступній послідовності:

- 1) виконати ескіз фрагмента складальної одиниці, яка включає в себе задану деталь, яку потрібно на ескізі виділити кольором;
- 2) вибрати і нанести на ескіз систему координат, яка зв'язана з деталлю;
- 3) потовщеними лініями позначити на ескізі основні бази заданої деталі (рисунок 2.8);

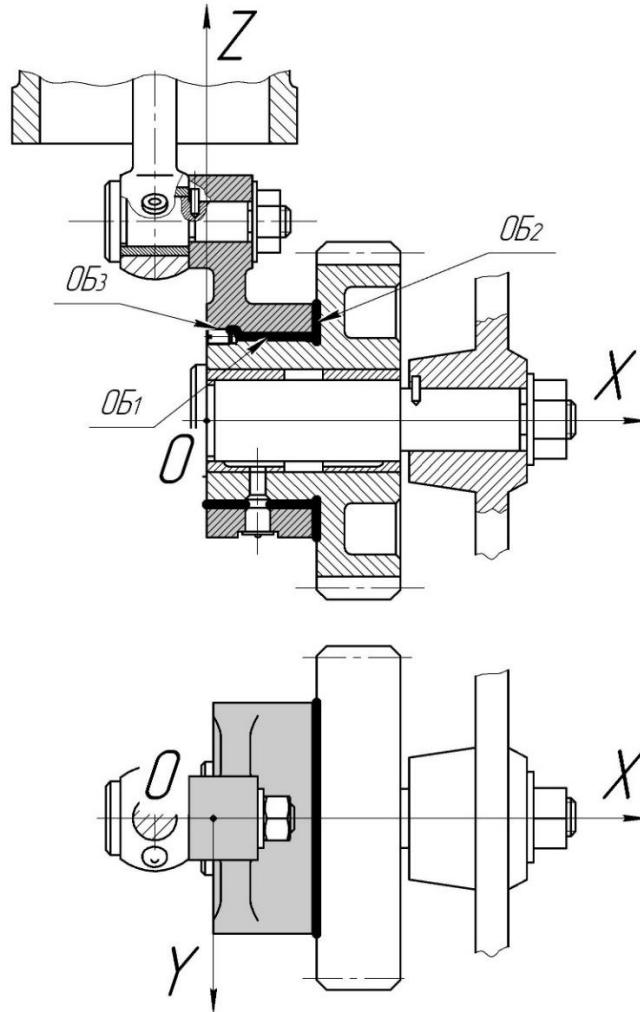


Рисунок 2.8 – Приклад фрагменту повітряного-насосу з позначенням основних баз кривошипа

- 4) виконати окремо ескіз деталі, на якому потовщеними лініями виділити основні бази та позначити цифрами основні і допоміжні бази деталі;

5) використовуючи рекомендації посібників [1, 2, 10, 18, 21] та інших доступних літературних джерел з основ технології машинобудування нанести на ескіз деталі умовні позначення опорних точок (рисунок 2.9);

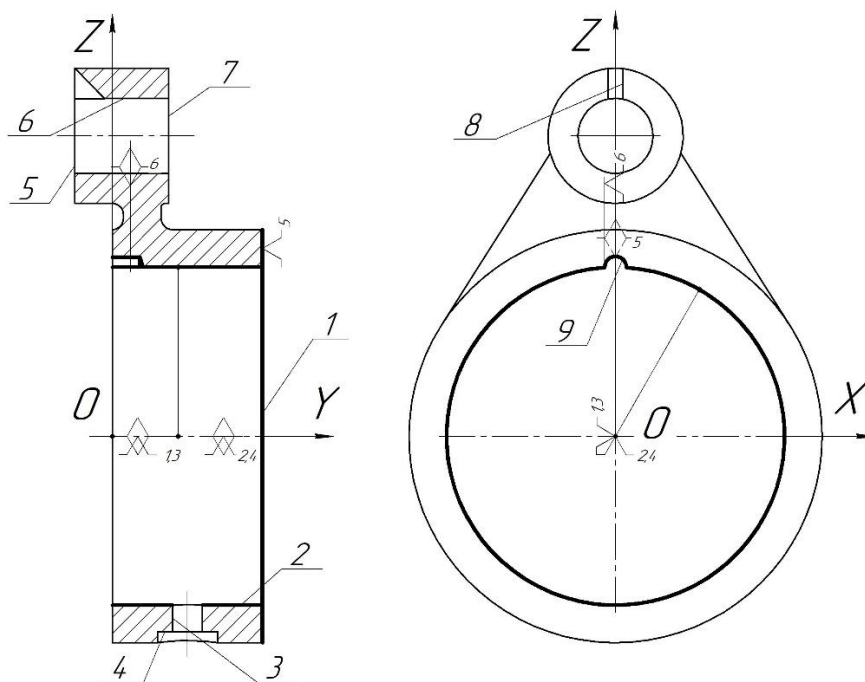


Рисунок 2.9 – Приклад схеми базування кривошипа в складальній одиниці

б) вказати, яких переміщень і поворотів позбавляє кожна з основних баз (з розшифруванням для кожної опорної точки);

7) дати повну назву основних і допоміжних баз деталі відповідно до рекомендацій наведених в посібнику [1 с.272].

Таблиця 2.3 – Опорні точки основних баз кривошипа

Поверхня	Позбавлення ступеня волі						Повне найменування бази
	Переміщення вздовж осей			Обертання навколо осей			
	X	Y	Z	X	Y	Z	
2	1		3	2		4	конструкторська основна подвійна напрямна явна база
1		5					конструкторська основна опорна явна база
9					6		конструкторська основна опорна явна база

Повне найменування допоміжних баз кривошипа :

Поверхня 3 – конструкторська допоміжна подвійна напрямна явна база.

Поверхня 4 – конструкторська допоміжна опорна явна база.

Поверхня 5 – конструкторська допоміжна опорна явна база.

Поверхня 6 – конструкторська допоміжна подвійна напрямна явна база

Поверхня 7 – конструкторська допоміжна установча явна база.

Поверхня 8 – конструкторська допоміжна опорна явна база.

Рисунок 2.10 – Приклад оформлення таблиці з визначенням основних баз кривошипа та формулювання повної назви основних і допоміжних баз

2.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Сукупність властивостей конструкції, яка визначає її пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виготовленні, експлуатації та ремонті для конкретних умов виробництва називають *технологічністю конструкції*.

Технологічність конструкції суттєво впливає на строки і вартість підготовки виробництва, виготовлення, технічного обслуговування і ремонту виробів. Технологічність конструкції - поняття відносне і залежить від багатьох чинників. Одна і та ж конструкція деталі матиме різну технологічність при різних типах, організаційних формах виробництва, виробничих можливостях підприємства, технологічному обладнанні та оснащенні, способах обробки тощо.

Залежно від використовуваних методів оцінки розрізняють кількісну і якісну оцінку технологічності. Якісна оцінка технологічності заснована на інженерно-візуальних методах оцінки і виконується за окремими конструктивними та технологічними ознаками у вигляді формулювань типу: “технологічно - нетехнологічно”, “допустимо - недопустимо” і т. ін.

Якісна оцінка технологічності деталі при механічній обробці характеризує технологічність конструкції узагальнено на основі досвіду виконавця і допускається на всіх стадіях проєктування, як попередня. Спочатку виконується якісна оцінка технологічності за загальними вимогами до конструкції деталей, а потім за вимогами технологічності до конструкції типових деталей. При оцінці технологічності за загальними вимогами до конструкції деталей визначають:

1. Тип деталі: корпус, вал, фланець, диск, циліндр, важіль, шарнір, зубчасте колесо тощо.
2. Наявність поверхонь, зручних для базування і закріплення при встановленні на верстатах на всіх операціях. Можливість скорочення числа установів при обробці.
3. Оброблюваність різанням матеріалу деталі, вид термообробки.
4. Доступність всіх поверхонь деталі для обробки на металорізальних верстатах та безпосереднього вимірювання (можливість вільного підведення та виводу інструменту).
5. Можливість одночасної багатоінструментної обробки.
6. Відсутність великої різностінності та незамкнутих контурів, які викликають деформацію деталі при термообробці та закріпленні при обробці на верстаті.
7. Жорсткість деталі, яка б дозволяла не зменшувати режимів обробки та застосування високопродуктивних методів механічної обробки.

8. Відсутність місць різких змін форми, гострих країв, буртиків, які є концентраторами напружень, доступність термічно оброблених поверхонь для обробки СВЧ.
9. Можливість одержання потрібної точності розмірів, величини шорсткості, точності взаємного розташування поверхонь при обробці на металорізальних верстатах нормальної точності, без додаткової фінішної обробки.
10. Відсутність специфічних вимог до деталі (допуски по масі, неврівноваженості та ін.), що неприпустимо в умовах великосерійного та масового виробництва.
11. Можливість зменшення розмірів оброблених поверхонь з метою скорочення об'єму механічної обробки.
12. Наявність вільного підведення та виходу інструменту (для підвищення продуктивності і точності обробки).

Додаткові технологічні вимоги до конструкції типових деталей наведено в додатку Б методичних вказівок.

Здійснюючи якісний аналіз вимог технологічності деталі необхідно виявити за якими вимогами до конструкції задана деталь технологічна, а за якими - не технологічна. На нетехнологічних елементах конструкції деталі обов'язково необхідно зацентувати увагу описавши їх.

Приклад виконання якісної оцінки технологічності:

Деталь корпус технологічна за наступними вимогами:

- 1) наявні поверхні зручні для базування і закріплення при встановленні на верстатах на всіх операціях.
- 2) існує можливість скорочення числа установів при обробці
- 3)

Корпус є нетехнологічним через:

- 1) наявність глухих різевих отворів (3 отвори М8-9Н);
- 2) недостатню жорсткість, що не дозволяє збільшувати режими обробки та застосовувати високопродуктивні методи механічної обробки (наводиться опис елемента конструкції деталі, що знижує її жорсткість)

У випадку, якщо за певним пунктом неможливо зробити якісну оцінку технологічності деталі (наприклад не можна проаналізувати на технологічність вал за 3-ю вимогою з додаткових вимог до валів при відсутності на валу шпонкових пазів), то такий пункт вилучається з переліку вимог технологічності.

В КП виконання технологічного аналізу конструкції деталі необхідно виконати в наступній послідовності:

- 1) виконати якісну оцінку технологічності деталі;
- 2) зробити загальний висновок щодо технологічності конструкції деталі та запропонувати, при необхідності, можливі шляхи підвищення технологічності. Якщо необхідно вносити зміни до конструкції деталі, то ці зміни слід ілюструвати у вигляді фрагментів деталі до і після внесення змін (рисунок 2.11).

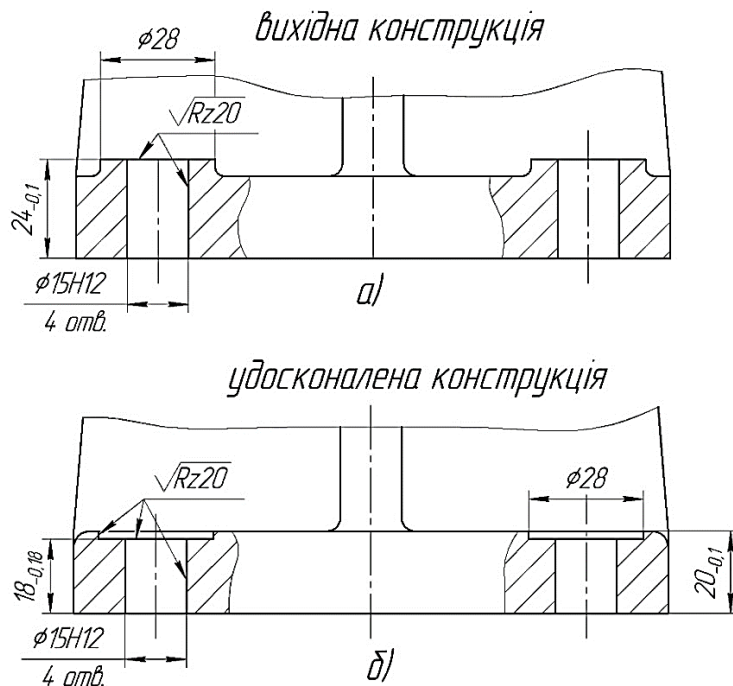


Рисунок 2.11 – Приклад усунення нетехнологічних (виступів) на 4-х отворах $\varnothing 15H12$ мм

2.4 Розмірний аналіз

Під час роботи машини між її виконавчими поверхнями виникають і діють розмірні, кінематичні, динамічні, електричні, механічні, гідравлічні, пневматичні та інші зв'язки. Поряд з цим діють також зв'язки властивостей матеріалів, із яких виготовлені деталі.

Важливим є те, що усі види розмірних зв'язків машини закладаються протягом її створення у вигляді розмірних зв'язків (розміри, відстані, відносні повороти) форми, шорсткості поверхонь, властивостей матеріалів деталей машини. Точність реалізації цих зв'язків при виготовленні забезпечує якість машин.

Конструктивні і технологічні якості машини залежать не лише від конфігурації деталей, але й від точності відносного розташування

виконавчих поверхонь, яка визначається величиною допусків на розміри та норми точності відносного розташування цих поверхонь.

Розмірні зв'язки, які закладаються у машину при її конструюванні, повинні бути реалізовані при виготовленні деталей і складанні. Тому будь-який інженер повинен чітко уявляти ці зв'язки для того, щоб забезпечити їх найбільш досконалими і економічними технологічними способами. Для цього виявляють і проводять аналіз розмірних зв'язків, що одержало назву **розмірний аналіз конструкцій**.

Розмірний аналіз необхідний технологу для того, щоб розібратись у взаємозв'язках деталей і складальних одиниць машини, визначити методи досягнення заданої точності, проаналізувати правильність проставлення розмірів і допусків на креслениках у відповідності із наміченими методами і засобами забезпечення потрібної точності, визначити послідовність обробки поверхонь деталей, складання машини та її вузлів тощо.

Наприклад: виходячи з функціонального призначення редуктора основною функцією є передача крутного моменту з вхідного валу на вихідний вал приводу транспортера (рисунок 2.12).

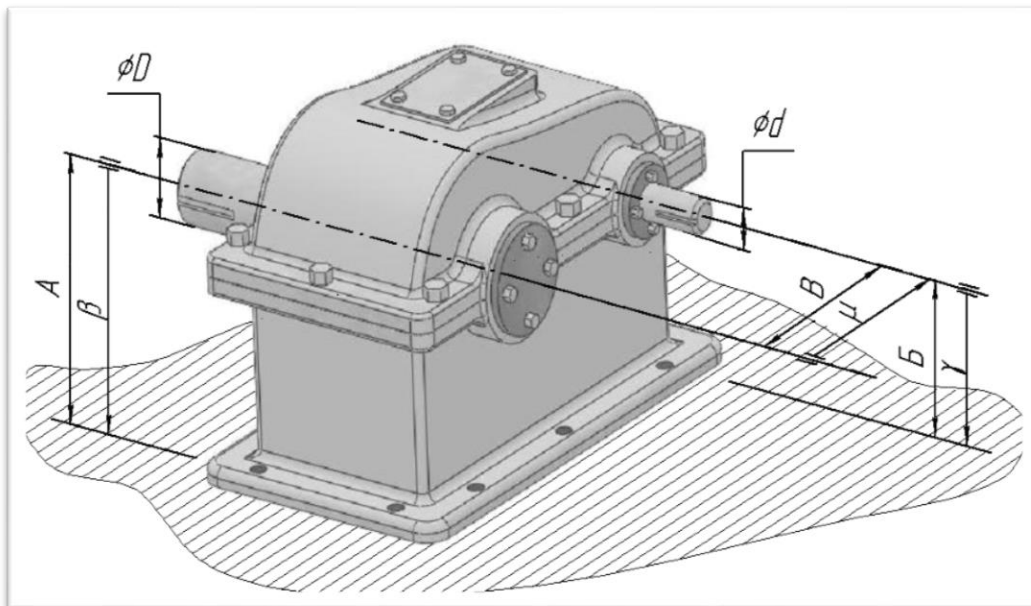


Рисунок 2.12 – Розмірні зв'язки виконавчих поверхонь редуктора

Виконавчі поверхні редуктора:

- шийка діаметром d вхідного валу з шпонковим пазом ;
- шийка діаметром D вихідного валу з шпонковим пазом ;
- поверхні зубців зчеплення коліс, з допомогою яких крутний момент

передається.

Для цього необхідно:

- забезпечити потрібне положення шийок вхідного B_{Δ} , γ_{Δ} і вихідного A_{Δ} , β_{Δ} валів, яке забезпечує можливість стикування з електродвигуном і приводним валом транспортера;

- забезпечити точність відносного розташування і руху взаємодіючих поверхонь зубців кожної пари шестерень, що визначається міжосьовою відстанню B_{Δ} та відносним поворотом μ_{Δ} осей ділільних циліндрів кожної пари взаємодіючих шестерень.

В курсовому проєкті розмірний аналіз конструкції рекомендовано виконувати в наступній, загальноприйнятій послідовності:

1) Вивчити взаємозв'язки деталей складальної одиниці (на підставі конструкції і опису роботи складальної одиниці).

2) Виходячи з функціонального призначення складальної одиниці **визначити параметри якості**, які необхідно витримати при її виготовленні.

3) **Чітко формулюють конструкторсько-технологічні задачі**, які необхідно розв'язати для забезпечення встановлених в попередньому пункті параметрів якості складальної одиниці. При формулюванні задач конкретизуються норми точності розташування (точність розмірів, відносних поворотів) виконавчих поверхонь деталей складальної одиниці, які необхідно забезпечити. Від чіткості формулювання кожної задачі багато в чому залежить правильність виявлення розмірного ланцюга та його відповідність поставленій задачі. Слід пам'ятати, що **кожний розмірний ланцюг дає розв'язок лише однієї задачі**.

Наприклад:

Виходячи з функціонального призначення повітряного насосу при його виготовленні необхідно забезпечити наступні параметри якості:

- 1) *плавність ходу поршня, без заїдань і заклинювання;*
- 2) *герметичність насоса;*
- 3) *вільне переміщення кульок в корпусах клапанів 11 і 12;*
-
- 8) *довговічність роботи повітряного насосу.*

← **Параметри якості**

Плавність ходу поршня, без заїдань і заклинювання забезпечується:

- a) *співвісністю A_{Δ} та B_{Δ} між отвором циліндра та зовнішніми поверхнями кожного з поршневих кілець 3 в межах допуску 0,08мм;*
- б) *паралельністю γ_{Δ} та β_{Δ} осей отвору циліндра та зовнішніх поверхонь кожного з поршневих кілець 3 в межах допуску 0,04мм/100мм;*



Норми точності розташування

4) Залежно від сформульованих задач **виявляють замикаючу ланку** кожного розмірного ланцюга, її номінальний розмір та допустимі відхилення.

5) **Виконати конструктивну схему (КС)** складальної одиниці та вказати на ній всі виявлені норми точності розташування виконавчих поверхонь деталей СО, які є замикаючими ланками певних розмірних ланцюгів. (рисунок 2.13).

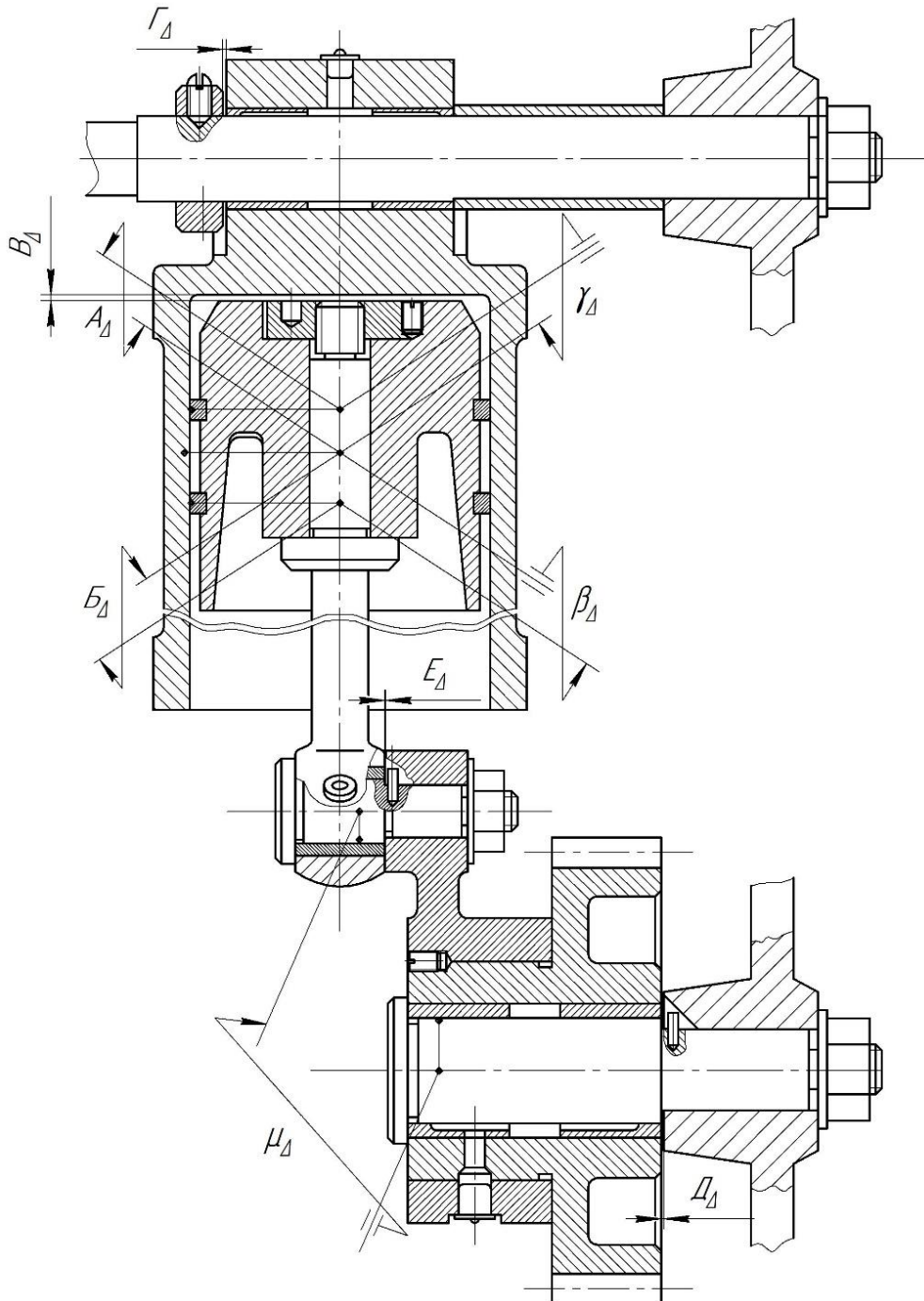


Рисунок 2.13 – Приклад відображення КС повітряного насоса з основними нормами точності розташування виконавчих поверхонь

Конструктивна схема складальної одиниці повинна відображати лише ту частину (проекцію, вид) виробу, яка містить виявлені замикаючі ланки розмірних ланцюгів. КС повинна чітко ілюструвати взаємодію деталей, їх відносне розташування і разом з тим не повинна мати ніяких зайвих конструктивних особливостей. Масштаб КС береться довільним, але таким, щоб дозволяв достатньо ясно проставити усі необхідні розміри та позначення. При необхідності показати зазор чи інше відносне положення поверхонь деталей СО – окремі частини КС можуть зображуватися у збільшеному масштабі.

Окремі деталі СО можуть займати різні положення відносно інших деталей, як внаслідок передбачених функціональним призначенням переміщень механізму, так і в результаті можливих монтажних похибок. Такі деталі зображуються на КС у положенні, яке прийняте для розрахунку.

б) Показати з графічною ілюстрацією **вплив недотримання кожної з норм точності розташування** на виконання СО своїх функцій відповідно до функціонального призначення.

На графічних ілюстраціях недотримання норм точності розташування виконавчих поверхонь деталей СО необхідно показати ситуації, які при цьому виникнуть. Похибки, що виникають, вказують значно збільшеними, що дозволяє чіткіше показати їх вплив.

Додатково, перед або відразу після рисунка, треба описати текстом детальне пояснення, що саме виникне при порушенні тієї чи іншої норми точності. Потрібно також обов'язково вказати на які саме функції СО вплине недотримання норм точності

Наприклад, на рисунку 2.14 показано ситуацію, що виникне при порушенні допуску паралельності (γ_{Δ}) осей отвору в циліндрі та зовнішньої поверхні поршневого кільця.

При недотриманні цієї вимоги паралельності (γ_{Δ}) виникне перекошування поршня та порушення правильного відносного розташування виконавчих деталей насоса: поршня і циліндра (рисунок 2.14). Це негативно вплине на плавність ходу поршня, без заклинювання і заїдань. Також виникне нерівномірність зазору між отвором циліндра та поршнем.

Вказані фактори негативно вплинуть на виконання повітряним насосом своїх функцій: забезпечення заданої продуктивності ($\Phi_{Д1}$), величини тиску ($\Phi_{Д2}$) та ККД ($\Phi_{Д3}$).

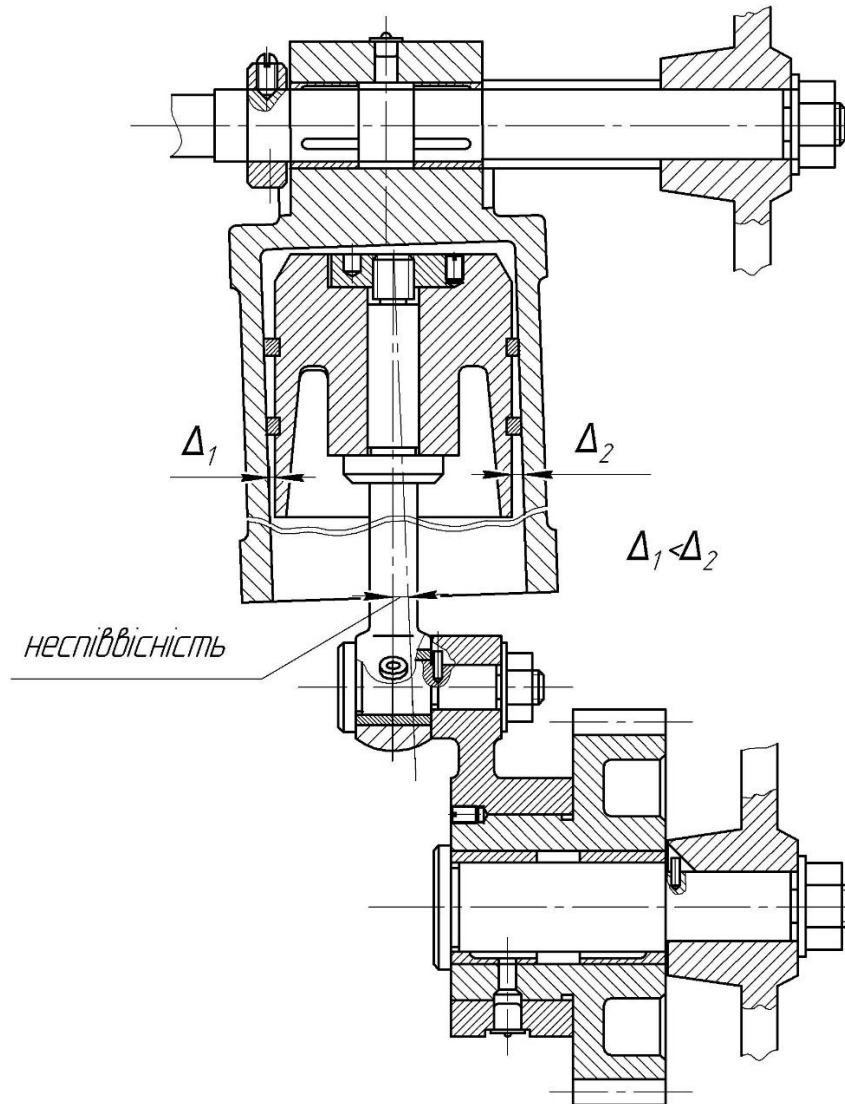


Рисунок 2.14 – Вплив недотримання вимоги паралельності γ_{Δ} осей отвору в циліндрі та зовнішньої поверхні поршневого кільця на точність розташування поршня в циліндрі

7) Виявляють складальні розмірні ланцюги.

Для підтвердження мінімального та достатнього рівня знань та умінь (60 балів) в даному розділі необхідно виявити три розмірних ланцюги.

У число складових ланок розмірного ланцюга входять лише розміри (норми точності відносного розташування) деталей, що безпосередньо впливають на замикаючу ланку. Кожний розмірний ланцюг у відповідності з принципом найкоротшого шляху повинен складатися з можливо меншого числа ланок. Цей принцип виконується, якщо **кожна деталь, братиме участь в одному розмірному ланцюгу лише одним своїм розміром або нормою точності відносного розташування поверхонь**. У той же час один і той же розмір (норма точності відносного розташування) може входити в якості ланки у декілька розмірних ланцюгів.

Покупні вироби (підшипники кочення, муфти, електродвигуни та ін.) беруть участь у розмірному ланцюгу кінцевим своїм розміром, який охоплює декілька деталей комплекту. Наприклад, конічний роликпідшипник бере участь у розмірних ланцюгах монтажною висотою, муфта з'єднувальна - загальною довжиною в зборі і т.д.

Алгоритм виявлення складального розмірного ланцюга наступний:

Для знаходження складових ланок розмірного ланцюга слід йти від поверхонь (осей поверхонь) деталей, утворюючих замикаючу ланку, до основних баз (осей) цих деталей.

Своїми основними базами деталі контактують з допоміжними базами (осями поверхонь) інших (суміжних) деталей складальної одиниці. Тому наступна ланка розмірного ланцюга буде вказувати на розмір (параметр) від допоміжної до основної бази цих деталей.

Далі від основної бази деталі – до допоміжної бази суміжної деталі і потім – до основної бази (осі поверхні) цієї деталі.

Окремими ланками потрібно враховувати неспівпадань основних і допоміжних баз (їх осей), якщо вони можливі, а також зазори.

Поступово переходячи від допоміжної до основної бази деталей розмірного ланцюга, рухаються аж до допоміжних баз базової деталі складальної одиниці (корпусу, рами тощо).

Для утворення замкнутого контуру, повторюють вказані дії від другої поверхні або вісі, яка формує замикаючу ланку розмірного ланцюга з іншого боку.

Виявлений складальний розмірний ланцюг необхідно нанести на конструктивну схему (проекцію, вид) складальної одиниці (рисунок 2.15).

Конструктивна схема повинна відображати лише ту частину (проекцію, вид) СО, яка містить виявлені складальні розмірні ланцюги.

Конструктивна схема не повинна містити ніяких інших зайвих розмірів, позначень, написів, окрім тих, що безпосередньо стосуються її конструктивних особливостей та складального розмірного ланцюга, який ілюструється. Масштаб конструктивної схеми береться довільним, але таким, щоб дозволяв достатньо ясно бачити виявлений складальний розмірний ланцюг.

На одній конструктивній схемі рекомендується відображати один складальний розмірний ланцюг.

Детально виявлення та ілюстрацію розмірних ланцюгів наведено в посібниках [1, 4, 5, 11, 20].

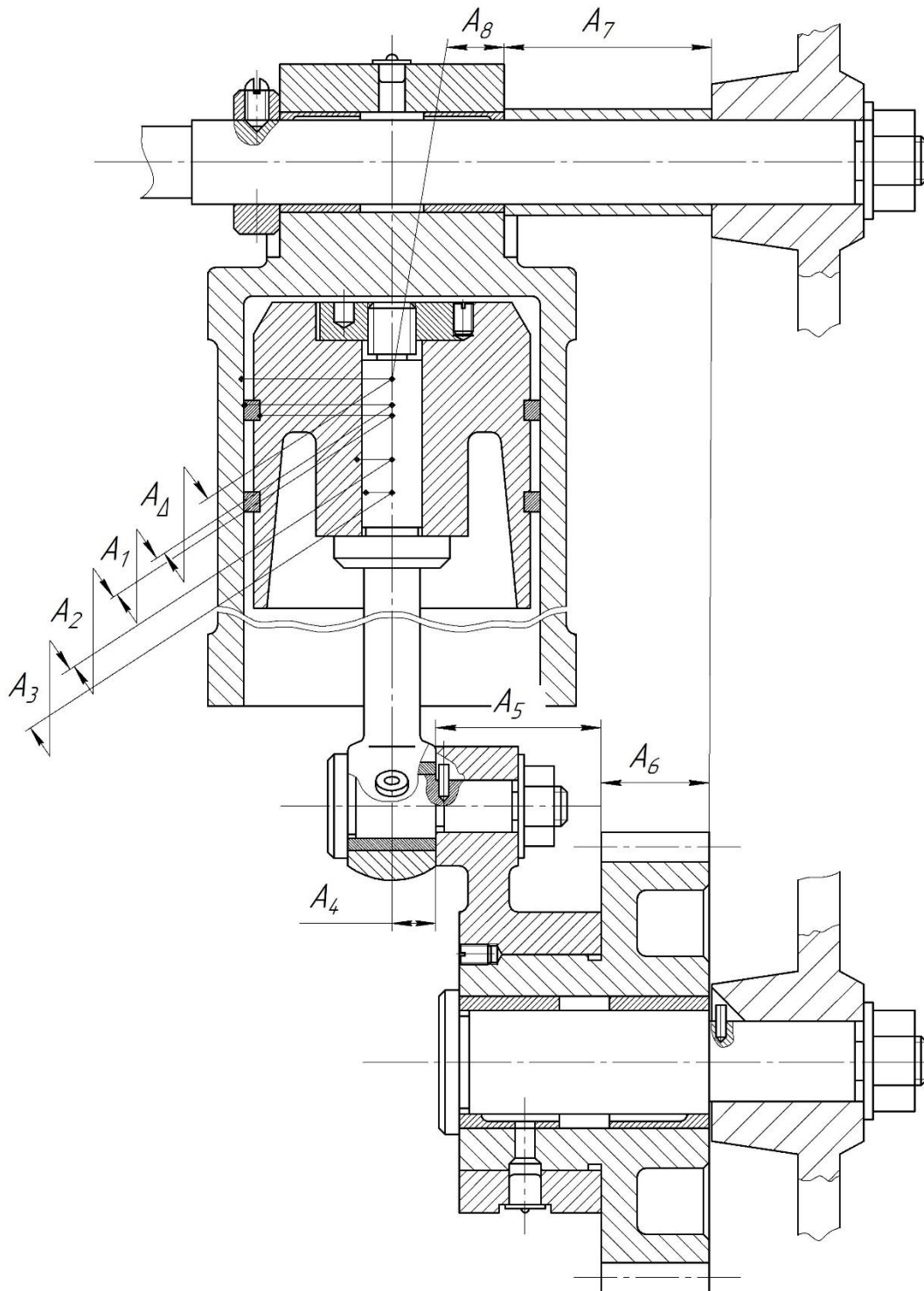


Рисунок 2.15 – Конструктивна схема повітряного насоса з розмірним ланцюгом, що визначає співвісність A_4 між отвором циліндра та зовнішньою поверхнею поршневого кільця 3

Для полегшення розуміння сутності розмірного аналізу та правильності дій при виявленні ланок складальних розмірних ланцюгів в пояснювальній записці рекомендовано навести текстове формулювання кожної ланки розмірного ланцюга.

Наприклад:

Ланка A_6 – відносне зміщення отвору $\varnothing 20H8$ та зовнішньої поверхні $\varnothing 25p6$ мм втулки 3.

Ланка A_7 – міжосьова відстань отворів у корпусі.

Ланка A_8 – неспіввідношення посадочних шийок $\varnothing 16r6$ та $\varnothing 20h7$ пальця 9.

Ланка A_9 – неспіввідношення посадочної шийки $\varnothing 20h7$ пальця 9 та отвору $\varnothing 20H8$ втулки 8.

8) **Виконати ескізи всіх деталей**, які беруть участь своїми розмірами (нормами точності відносного розташування) у розмірному ланцюгу, який передбачається розраховувати в наступному розділі. На ескізах деталей потрібно нанести функціональні розміри або норми точності відносного розташування, які є складовими ланками розмірного ланцюга (рисунок 2.16).

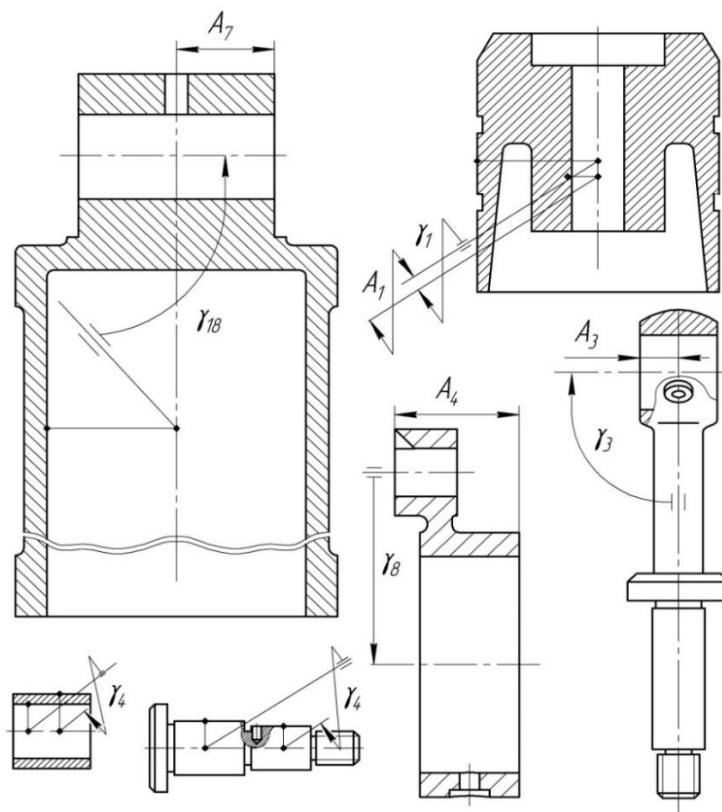


Рисунок 2.16 – Приклад ілюстрації ескізів деталей, які беруть участь своїми розмірами у розмірному ланцюгу, що визначає...

9) **Виконати розрахунок розмірних ланцюгів.**

В КП необхідно виконати розрахунок розмірних ланцюгів. Кількість розмірних ланцюгів, розрахунок яких здійснюється в КП, вибирається залежно від бажаної оцінки студентом. Для підтвердження мінімального та достатнього рівня знань та умінь (**60 балів**) необхідно виконати розрахунок **одного** розмірного ланцюга.

З метою розуміння студентами сутності та особливостей досягнення точності замикаючої ланки методами повної та неповної взаємозамінності, розрахунок розмірних ланцюгів здійснюють методом максимуму-мінімуму та ймовірнісним методом. Після розрахунків будь-яким зручним способом необхідно виконати та представити в записці порівняння результатів.

Особливості та приклади розрахунку розмірних ланцюгів детально наведено в посібниках [1, 5, 11].

10) Перевірити наявність функціонального розміру на кресленнику заданої деталі і, при необхідності, виконати коригування простановки розмірів на кресленнику.

2.5 Виявлення основних розмірних зв'язків поверхонь деталі

В межах однієї деталі між допоміжними, основними базами і виконавчими поверхнями завжди існують розмірні зв'язки, які визначають їх відносне розташування у просторі і реалізуються у вигляді лінійних і кутових розмірів. Ці зв'язуючі розміри є проміжною ланкою, яка визначає положення деталі або складальної одиниці. Тому розміри, які зв'язують основні, допоміжні бази та виконавчі поверхні деталі, повинні бути позначені на кресленнику. В КП на окремому ескізі (рисунок 2.17) необхідно відобразити основні розмірні зв'язки деталі.

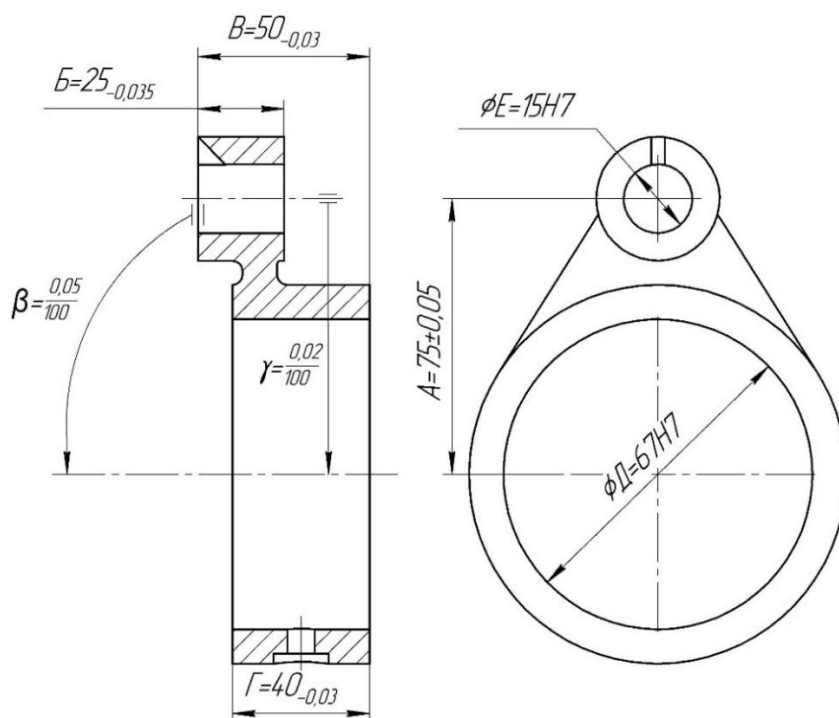


Рисунок 2.17 – Приклад відображення основних розмірних зв'язків деталі
Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

2.6 Основні технологічні задачі, що розв'язуються при обробці деталі

Основні технологічні задачі, які вирішуються в процесі обробки деталі формулюють на підставі виявлених за креслеником розмірних зв'язків і вимог до точності та якості поверхонь деталі. Правильне формулювання основних технологічних задач механічної обробки та виявлення раціональних шляхів їх вирішення багато в чому обумовлює точність і економічність виготовлення деталі.

При розробці технологічного процесу механічної обробки деталі вирішуються наступні групи основних технологічних задач:

1. Забезпечити точність і якість оброблюваних поверхонь, потрібну точність їх відносного розташування.

Потрібна точність розмірів і якість оброблених поверхонь забезпечується правильним вибором відповідних технологічних методів обробки, а точність відносного розташування оброблених поверхонь залежить в першу чергу від правильного вибору технологічних баз, суттєво залежить від типу устаткування, на якому оброблюється заготовка, а також від методу координації інструменту і також від методу остаточної обробки поверхні.

2. Забезпечити точність відносного розташування системи оброблюваних поверхонь відносно системи поверхонь, які не оброблюються.

Розв'язання зазначених задач досягається забезпеченням потрібної точності окремих параметрів (розмірів, відносного розташування поверхонь) деталі, виявивши які можна сформулювати технологічні задачі обробки.

Наприклад, для деталі кривошип (рисунок 2.18) основні технологічні задачі можуть формулюватися наступним чином:

1. *Забезпечити точність, якість і потрібну точність відносного розташування оброблюваних поверхонь.*
 - 1.1 *Забезпечити точність отвору $\varnothing 90H7$, з допуском круглості $0,01\text{мм}$, шорсткість поверхні отвору $Ra1,25\text{мкм}$.*
 - 1.2 *Забезпечити точність отвору $\varnothing 20H7$, з допуском круглості $0,006\text{мм}$, шорсткість $Ra1,25\text{мкм}$.*
 - 1.3 *Забезпечити точність міжосьової відстані $\varnothing 80 \pm 0,05\text{мм}$, паралельність отвору $\varnothing 20H7$ відносно отвору $\varnothing 90H7$ в межах допуску $0,02\text{мм}$.*
 - 1.4 *Забезпечити точність розміру $50_{-0,03\text{мм}}$, паралельність поверхонь в межах допуску $0,06\text{мм}$, шорсткість $Ra2,5\text{мкм}$.*

- 1.5 Забезпечити точність розміру $25_{-0,035}$ мм, перпендикулярність торцевої поверхні кривошипа до отвору $\varnothing 90H7$ в межах допуску 0,05 мм, шорсткість $Ra2,5$ мкм.
- 1.6 Забезпечити точність розміру $40_{-0,03}$ мм, шорсткість поверхонь $Ra2,5$ мкм.
2. Забезпечити точність відносного розташування оброблених поверхонь відносно поверхонь, які не обробляються.
- 2.1 Забезпечити симетричність розташування отвору $\varnothing 90H7$ мм відносно зовнішнього контуру кривошипа $\varnothing 110$ мм.
- 2.2 Забезпечити симетричність розташування отвору $\varnothing 20H7$ мм відносно зовнішнього контуру кривошипа $\varnothing 36$ мм.

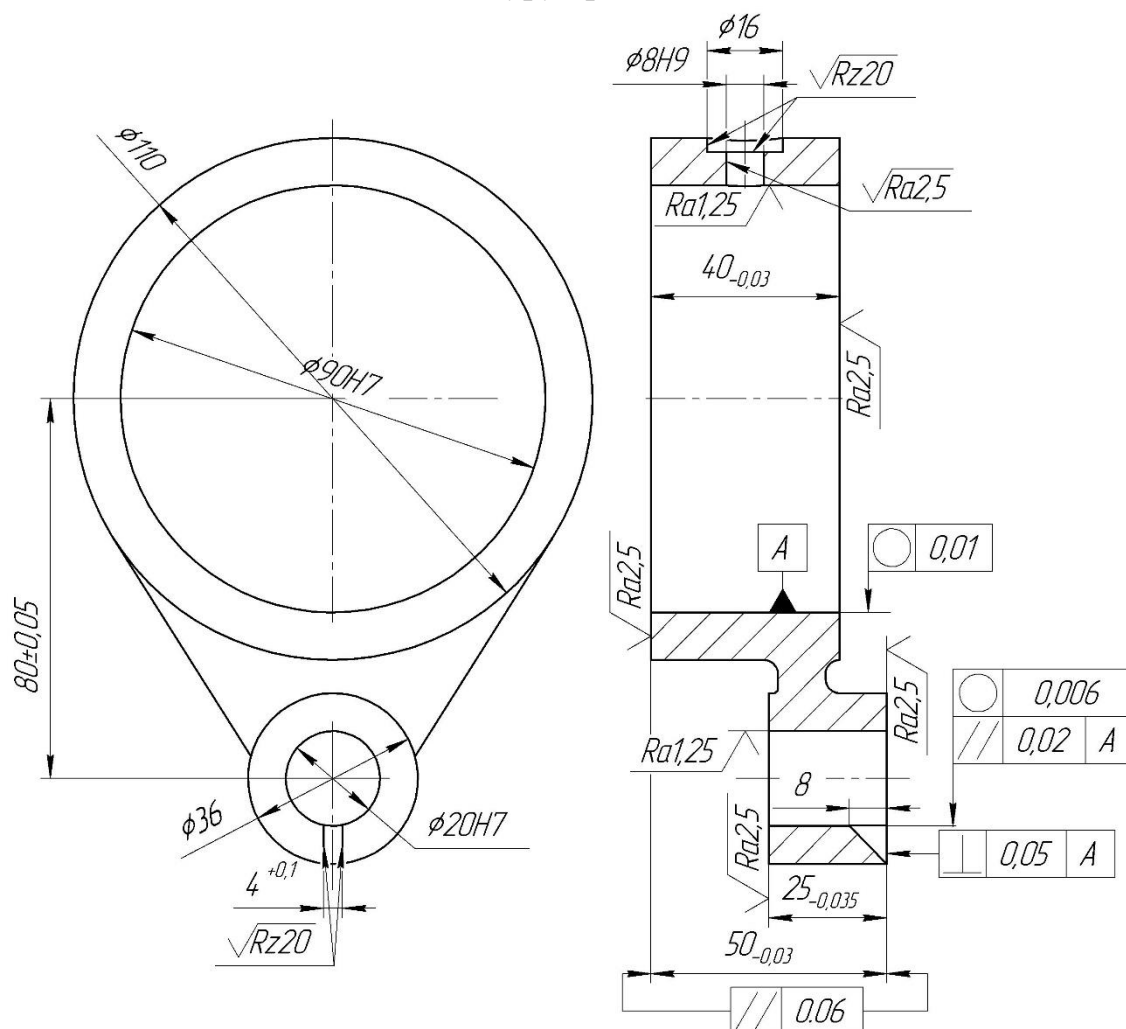


Рисунок 2.18 – Ескіз кривошипа

Слід відмітити, що при формулюванні основних технологічних задач, що вирішуються при механічній обробці деталей, слід вказувати тільки найбільш важливі, відповідальні поверхні, які є визначальними з точки зору виконання деталлю свого службового призначення.

Послідовність виконання даного підрозділу КП наступна:

- 1) Проаналізувавши кресленик деталі, виявити оброблювані і необроблювані поверхні.
- 2) Виявити розмірні зв'язки оброблених поверхонь з необробленими поверхнями деталі.
- 3) Виявити розмірні зв'язки між обробленими поверхнями деталі.
- 4) Виявити і сформулювати основні технологічні задачі, які потрібно вирішити при механічній обробці поверхонь деталі

2.7 Вибір способів і кількості переходів обробки поверхонь

Поставлені в попередньому пункті задачі досягаються комплексом способів обробки і відповідним базуванням заготовки.

Комплекс способів обробки - це множина технологічних переходів обробки, які дозволяють перевести поверхню зі стану вихідної заготовки у стан, заданий на кресленнику. При цьому треба мати на увазі, що у процесі перетворення поверхні вихідної заготовки у поверхню готової деталі після кожного технологічного переходу обробки з'являється нова поверхня зі своїми розмірами, шорсткістю та розмірними зв'язками з іншими поверхнями.

На даному етапі для всіх оброблених поверхонь, на основі сучасних даних про технологічні можливості обладнання та досягнутої точності способів обробки, вибираються способи і кількість переходів обробки, які дозволять найкоротшим і найбільш економічним шляхом забезпечити потрібну точність і якість оброблених поверхонь за всіма показниками.

На даний час існує досить велика кількість різноманітних технологічних способів, що дозволяють досягти приблизно однакових результатів обробки, однак вони можуть істотно різнитися за вартістю реалізації і тому раціональні в умовах різних типів виробництва.

Виходячи з цього, технолог для кожної конкретної поверхні може мати декілька варіантів способів обробки. Вибір того чи іншого способу механічної обробки здійснюється з врахуванням габаритних розмірів, виду та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, вимог до точності розмірів, форми, відносного розташування та якості поверхонь деталі, можливості обробки даної поверхні на одному верстаті за кілька послідовних переходів тощо.

Способи і кількість переходів обробки вибирають на основі таблиць економічної ефективності і точності обробки наведених в літературних джерелах [1, 6, 8] або інших достовірних джерелах.

При формуванні послідовності переходів обробки варто враховувати, що кожен наступний технологічний перехід повинен забезпечувати більшу точність, якість оброблюваних поверхонь порівняно з попереднім. При обробці точних, відповідальних поверхонь маршрут обробки в основному розподіляється на три послідовні стадії: чорнову, чистову й остаточну. Якщо точність заготовки невисока, то обробку поверхні починають з попередньої (чорнової) стадії, на якій знімають основну частину матеріалу у вигляді припуску. При достатньо точній заготовці обробку можна починати одразу з чистової, а в деяких випадках достатньо тонкої (остаточної) обробки. На останньому технологічному переході обробки забезпечуються параметри точності та шорсткість поверхні відповідно до вимог, що наводяться на кресленіку деталі.

Призначаючи способи обробки, необхідно прагнути, щоб одним і тим же способом обробити якнайбільшу кількість поверхонь заготовки. Це дозволяє скоротити номенклатуру та кількість змін різального інструменту, дає змогу проектувати технологічний процес за принципом концентрації операцій, сприяє зменшенню кількості установів заготовки, внаслідок чого збільшується продуктивність і точність обробки.

Послідовність виконання даного підрозділу КП наступна:

1) Проаналізувавши кресленік деталі, виявити всі оброблювані поверхні.

2) На підставі сформульованих в попередньому підрозділі технологічних задач, які вирішуються при обробці деталі виявити квалітети, точність форми і розташування, шорсткість всіх оброблюваних поверхонь.

3) Ознайомитись з таблицями економічної точності способів обробки наведених в літературних джерелах [1, 6, 8] або інших достовірних джерелах.

4) Користуючись таблицями економічної ефективності і точності обробки, вибрати способи і кількість переходів обробки (мінімум 2 альтернативних варіанти), які дозволять найкоротшим і найбільш економічним шляхом забезпечити потрібні точність і якість за всіма показниками. Вибрані способи і кількість переходів обробки повинні бути наведені у вигляді таблиці (рисунок 2.19).

Таблиця 4.1 – Комплекси технологічних способів забезпечення якості кривошипа

Задачі		Виконання задач				
Зміст задачі	Витримувані параметри	Технологічні переходи	Досягнуті параметри, мм			
			1	2	3	4
1. Забезпечити точність отвору Ø67H7, з допуском круглості 0,01мм, шорсткість поверхні отвору Ra1,25мкм.	1. Точність розміру отвору Ø67H7мм 2.Круглість 0,01мм, 3. Шорсткість Ra1,25мкм.	1. Розточування чорнове	0,34	0,03	Ra12,5	-
		2. Розточування чистове	0,1	0,012	Ra2,5	-
		3. Розточування тонке	0,039	0,008	Ra1,25	-
		1. Розточування чорнове	0,34	0,03	Ra12,5	-
2. Забезпечити точність отвору Ø15H7, шорсткість Ra1,25мкм.	1. Точність діаметру Ø15H7(^{+0,015})мм 2. Шорсткість Ra1,25мкм	1. Свердління	0,28	Ra12,5	0,18	0,1/100
		2. Зенкерування	0,084	Ra2,5	0,16	0,08/100
		3. Розвертування тонке	0,021	Ra1,25	0,074	0,02/100
		1. Свердління	0,28	Ra12,5	0,18	0,1/100
3. Забезпечити точність міжосової відстані 75±0,05мм, паралельність отворів Ø15H7 і Ø67H7 з допуском 0,02мм.	3. Точність розміру 75±0,05мм 4. Паралельність 0,02мм/100мм	2. Розсвердлювання	0,24	Ra10	0,18	0,1/100
		3.Зенкерування чистове	0,084	Ra2,5	0,16	0,08/100
		4. Розвертування тонке	0,021	Ra1,25	0,074	0,02/100
		1. Стругання чорнове	0,12	Ra12,5	0,16	-
4. Забезпечити точність розміру 25 _{0,035} мм, перпендикулярність торцевої поверхні кривошипа до отвору Ø67H7 в межах допуску 0,05мм, шорсткість поверхонь Ra2,5мкм.	1. Точність розміру 25 _{0,035} мм 2. Шорсткість Ra2,5мкм. 3. Перпендикулярність 0,05мм/100мм	2. Стругання чистове	0,08	Ra2,5	0,08	-
		1. Фрезерування торцеве чорнове	0,12	Ra8,0	0,12	-
		2. Фрезерування торцеве чистове	0,08	Ra2,5	0,05	-
		1. Стругання чорнове	0,12	Ra12,5	0,16	-
5. Забезпечити точність розміру 50 _{0,03} мм, шорсткість Ra2,5мкм	1. Точність розміру 50 _{0,03} мм 2. Шорсткість Ra2,5мкм.	1. Фрезерування торцеве чорнове	0,12	Ra8,0	0,12	Ra8,0
		2. Фрезерування торцеве чистове	0,08	Ra2,5	0,08	Ra2,5
		3. Фрезерування торцеве тонке	0,025	Ra1,25	0,025	Ra1,25
		1. Точіння торцеве чорнове	0,12	Ra12,5	0,12	Ra12,5
6. Забезпечити точність розміру 40 _{0,03} мм, шорсткість поверхонь Ra2,5мкм.	3. Точність розміру 40 _{0,03} мм 4. Шорсткість Ra2,5мкм	2. Точіння торцеве чистове	0,08	Ra2,5	0,08	Ra2,5
		3. Точіння торцеве тонке	0,025	Ra1,25	0,025	Ra1,25
		1. Точіння торцеве чорнове	0,12	Ra12,5	0,12	Ra12,5
		2. Точіння торцеве чистове	0,08	Ra2,5	0,08	Ra2,5

Рисунок 2.19 – Приклад оформлення таблиці

В таблиці обов'язково необхідно вказувати значення параметрів точності і якості, витримуваних безпосередньо при обробці заданої поверхні. Кількість вказуваних параметрів повинна бути мінімальною, але достатньою для чіткого визначення положення оброблюваної поверхні чи системи поверхонь та розуміння стану, який вона повинна мати після обробки.

Обраний комплекс способів обробки, найдоцільніший в умовах конкретної конфігурації деталі, необхідно в таблиці виділити будь-яким зручним способом, що легко сприймається візуально.

2.8 Теоретичні схеми базування деталей

Схему розміщення опорних точок на базах заготовки або виробу називають теоретичною схемою базування.

Теоретична схема базування деталі при механічній обробці визначеної поверхні розробляється, виходячи з того, що технологічною базою за кожною з координат повинна бути вимірювальна база. Тому ця робота виконується наступним чином:

1) Виконується ескіз деталі без розмірів в необхідній кількості проєкцій та з системою координат, прив'язаною до деталі.

2) Вибрану оброблювану поверхню позначають потовщеною лінією.

3) На ескізі вказують всі розмірні зв'язки вибраної оброблюваної поверхні з іншими поверхнями (осями, площинами) деталі.

4) Встановлюють вимірювальні бази за кожною з координат (див. приклад на рисунку 2.20).

5) Вимірювальні бази за кожною з координат приймають як технологічні.

6) Встановлюють число та види ступенів волі, яких позбавляють деталь прийняті технологічні бази.

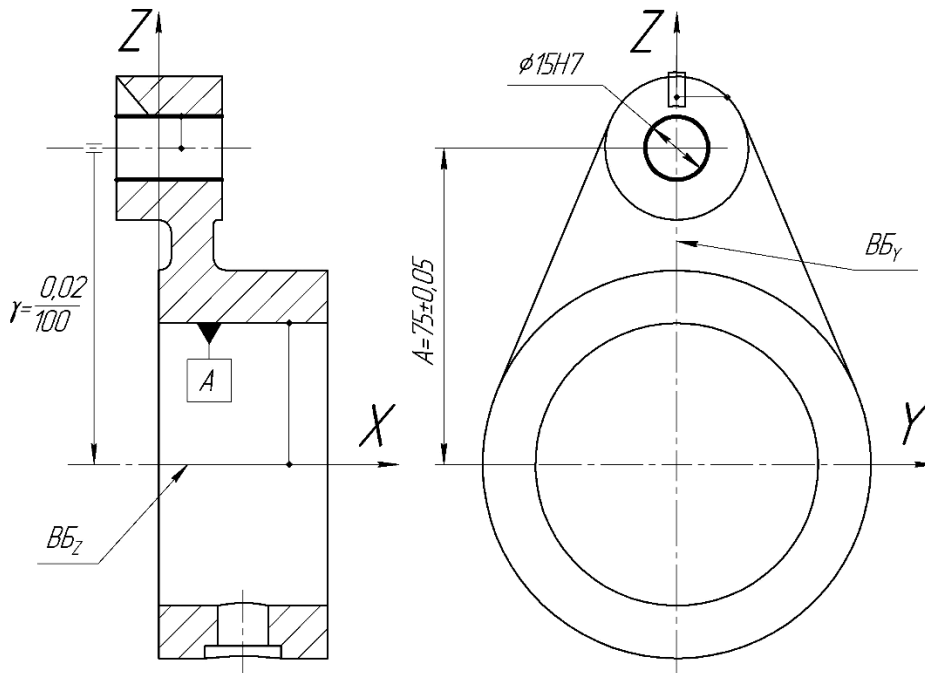


Рисунок 2.20 – Ескіз кривошипа з виявленими розмірними зв'язками отвору $\phi 15H7$ мм та вимірювальними базами

Кількість ступенів волі, що відбираються, визначається точністю розмірів і відносного розташування поверхонь, службовим призначенням та конфігурацією деталі. Чим точнішими умовами зв'язана оброблювана поверхня з прийнятою базою, тим більшого числа ступенів волі остання повинна позбавляти заготовку чи деталь при розробці теоретичної схеми базування.

Для забезпечення паралельності оброблюваної поверхні до технологічної бази остання повинна відбирати, як мінімум, два ступені волі, тобто бути напрямною базою; щоб забезпечити перпендикулярність – три ступені волі (установча база).

Якщо за всіма координатами точність розмірів (умов) однакова, вид бази диктується її габаритними розмірами, зручністю практичної реалізації теоретичної схеми тощо.

7) Виконують теоретичну схему базування, проставляючи умовні позначення опорних точок на поверхнях деталі, вибраних в якості технологічних баз (рисунки 2.21).

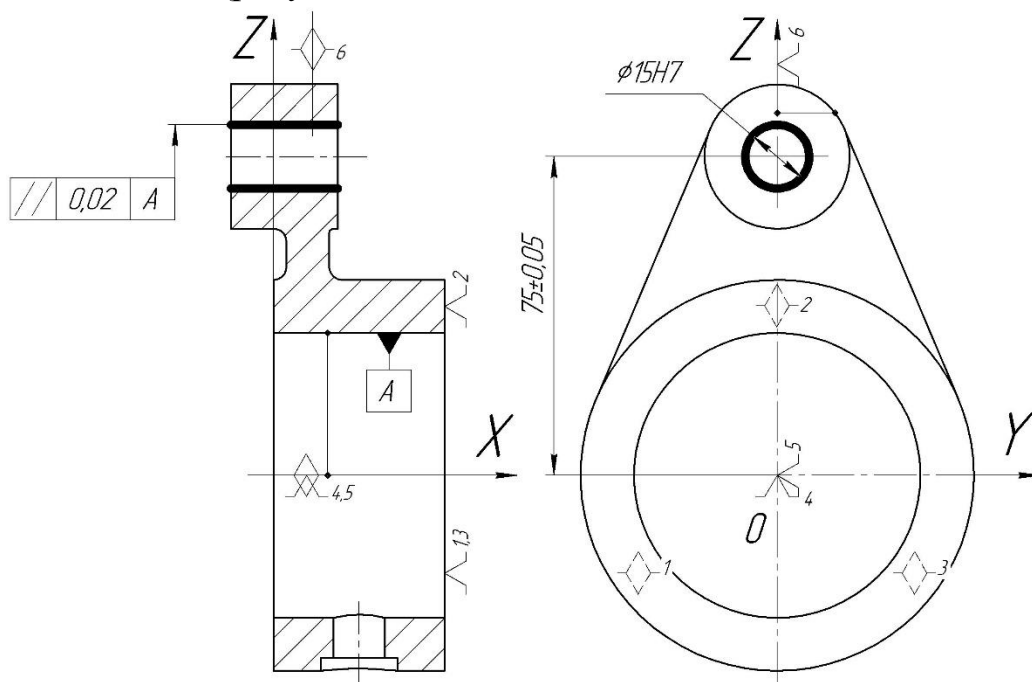


Рисунок 2.21 – Приклад виконання теоретичної схеми базування кривошипа при обробці отвору $\phi 15H7$ мм

8) Визначають функції опорних точок, тобто яких переміщень (поворотів) позбавляє заготовку кожна опорна точка та їх вплив на витримувані параметри якості деталі (розмірні зв'язки).

9) Формулюють повну назву баз. (див. приклад на рисунку 2.22)

Таблиця 2.4 – Опорні точки і бази кривошипа

Опорна точка	Позбавлення ступеня волі						Вплив на параметр		Повне найменування бази
	Переміщення вздовж осей			Обертання навколо осей			γ	A	
	X	Y	Z	X	Y	Z			
1	+								Технологічна установка явна
2					+				
3						+			
4			+				+	+	Технологічна подвійна опорна прихована
5		+					+	+	
6				+					Технологічна опорна прихована

Рисунок 2.22 – Приклад оформлення таблиці функцій опорних точок та формулювання повної назви баз

2.9 Обґрунтування вибору технологічних баз

Розв'язання деяких технологічних задач може як правило досягатися при різних варіантах базування. Найбільш доцільний з цих варіантів базування вибирається на основі аналізу технологічних розмірних ланцюгів (ТРЛ).

Задача визначення технологічних баз відноситься до одної з основних і найскладніших задач розробки технологічних процесів обробки деталей.

Відомо, що кожний виконуваний розмір (параметр точності відносного розташування поверхні) є замикаючим в певному розмірному ланцюгу і відхилення його дорівнює сумі відхилень розмірів (відносних поворотів), що входять до цього розмірного ланцюга. При виборі баз розглядаються ТРЛ, що містять розміри (відносні повороти), які зв'язують оброблювані поверхні і технологічні бази.

Чим коротшим є ТРЛ, тим менша кількість параметрів (похибок) впливає на точність замикаючої ланки цього ланцюга і тим простіше забезпечити точність замикаючої ланки (менша кількість впливаючих складових ланок). Мінімальна кількість складових ланок ТРЛ забезпечується при дотриманні *принципу суміщення баз* згідно з яким технологічна база повинна співпадати з вимірювальною.

Обґрунтовано вибрати той чи інший варіант базування можна на основі кількісних, а не якісних показників. Тому варіанти базування заготовки аналізують за допомогою ТРЛ, що розкривають зв'язок операцій в утворенні розміру (відносного повороту).

Алгоритм вибору варіанту базування наступний:

1) Виявити технологічні задачі, розв'язання яких **залежить від базування, і в першу чергу** ті, розв'язання яких залежить від базування заготовки на першій (перших) операції.

2) Вибравши для розв'язання одну із задач (за узгодженням з викладачем), знайти те місце в технологічному процесі (ту операцію), де задача остаточно розв'язується (буде остаточно одержано потрібний розмір, відносне розташування, чи інший параметр точності).

3) Виконується ескіз деталі для першого варіанта базування в необхідній кількості проєкцій. Оброблювану поверхню позначають на ескізі потовщеною лінією.

4) Вказують на ескізі розміри (відносні повороти), які визначають точність розташування оброблюваної поверхні та які необхідно витримати при обробці. Ці розміри (відносні повороти) є замикаючими ланками майбутніх технологічних розмірних ланцюгів.

5) Визначають вимірювальні бази за кожною з координат.

6) Виконують теоретичну схему для першого з можливих варіантів базування, проставляючи умовні позначення опорних точок на поверхнях деталі, вибраних в якості технологічних баз. (див. рисунок 2.21.).

7) Якщо технологічна і вимірювальна бази не співпадають, то оброблювану поверхню за допомогою попередньо виявлених розмірних зв'язків з'єднують спочатку з вимірювальною базою, потім з технологічною базою за кожною з координат, насамкінець технологічна і вимірювальна бази також з'єднуються між собою. (рисунок 2.23).

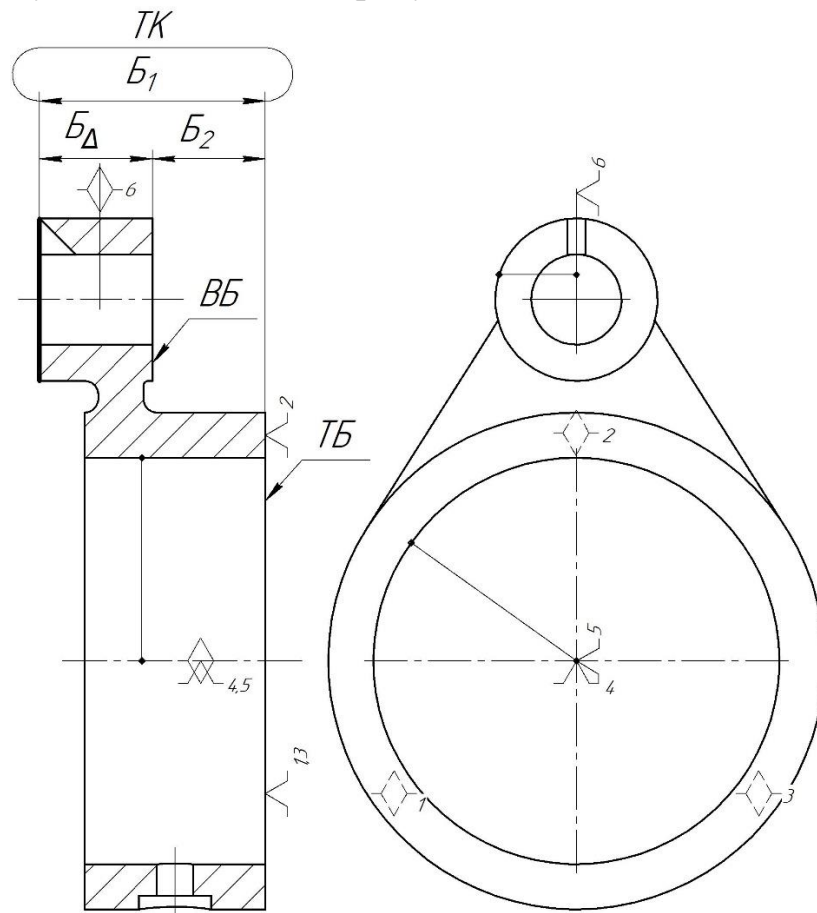


Рисунок 2.23 – До визначення ланок ТРЛ

Розмір (відносний поворот), що з'єднує оброблювану поверхню з вимірювальною базою є замикаючою ланкою ТРЛ. Розмір (відносний поворот), що з'єднує оброблювану поверхню з технологічною базою є ланкою технологічного комплексу, тобто його точність залежить виключно від точності технологічного комплексу на даній операції. Третій розмір (відносний поворот), що зв'яже технологічну і вимірювальну бази формує похибку базування. Його точність забезпечується на попередній стадії обробки (установі або операції).

8) Виконують теоретичну схему базування для тієї операції або установка, де формується розмір (відносний поворот), що зв'язує технологічну і вимірювальну бази. Якщо цей розмір не витримується на даній операції(установі) безпосередньо від технологічної бази, то послідовно виконуються цей та попередній пункт 7 до тих пір поки не буде знайдене місце в технологічному процесі, де невідомий операційний розмір (відносний поворот) одержується як замикаюча ланка розмірного ланцюга технологічного комплексу, або ливарного чи ковальського комплексів одержання вихідної заготовки. Тоді похибку цього розміру можна прийняти рівною похибці способу обробки (рисунок 2.24).

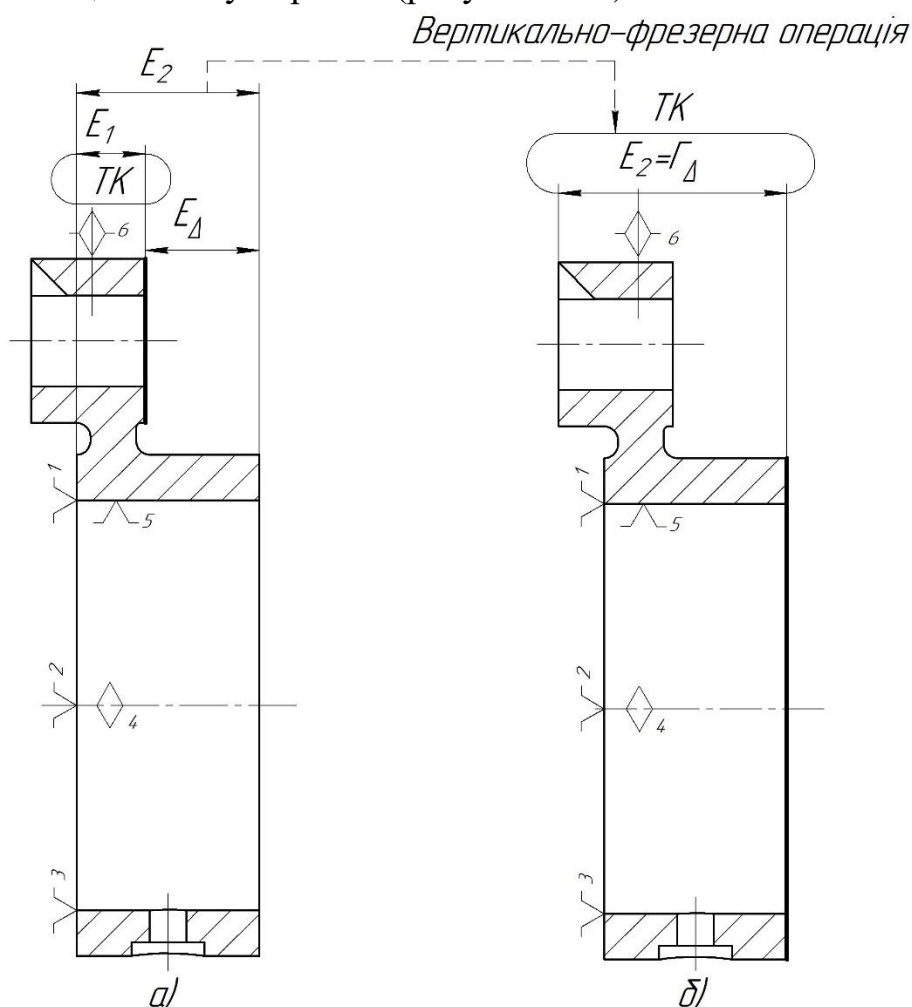


Рисунок 2.24 – Приклад виявлення точності невідомого розміру на попередній операції

9) Розраховуючи всі виявлені ТРЛ, визначають кількісне значення похибки розміру (відносного повороту) для першого варіанта базування.

10) Аналогічно послідовно виконуючи п.5-9 визначають кількісне значення похибки розміру (відносного повороту) для всіх інших варіантів базування.

11) Складають таблицю значень параметрів точності при різних варіантах базування (див. приклад)

Таблиця 2.5 – Значення параметрів точності при різних варіантах

Параметр точності	Варіант базування	
	1	2
$\beta=0,08\text{мм}/100\text{мм}$	0,08/100	0,112/100
$D=60\pm 0,15\text{мм}$	0,12	0,3
$B=75\pm 0,2\text{мм}$	0,12	1,22

12) Аналізуючи розраховані похибки параметрів, які відповідають різним схемам базування, вибирають прийнятні варіанти базування.

При аналізі варіантів необхідно враховувати, що варіанта, який дає найкраще розв'язання всіх поставлених задач, не існує. В одному варіанті базування доцільніше вирішуються одні задачі, але менш ефективно інші і навпаки. Тому, варіант вибирають, ідучи на деякий компроміс.

13) Вибрати раціональний варіант базування. Критерії вибору:

- а) вища точність обробки;
- б) більш рівномірне розподілення припусків між оброблюваними поверхнями;
- в) простіша реалізація теоретичної схеми базування (простіший пристрій).
- г) придатність тієї чи іншої поверхні для використання як бази.

На аркуші графічної частини «Обґрунтування вибору технологічних баз» наводяться варіанти базування заготовки із зазначенням теоретичних схем базування за операціями і нанесенням технологічних розмірних ланцюгів. Фактично цей аркуш є відображенням розділу пояснювальної записки. Обов'язково на аркуші наводять формулювання технологічних задач та параметри точності, які залежать від базування. Для наочності технологічні розмірні ланцюги допускається показувати кольором, що відрізняється від чорного.

Наводиться таблиця числових значень похибки основних параметрів точності за варіантами базування, які порівнюються (див. приклад таблиці 2.5 на попередній сторінці). В таблиці виділяються будь-яким зручним, але візуально видним способом прийнятий варіант базування.

Рекомендована література

1. Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва: навч. посібник / С.Г. Бондаренко – Київ: ІСДО, 1993. – 544 с.
2. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування. / С.Г. Бондаренко – Чернігів: ЧДТУ, 2005. – 567 с.
3. Колесов И.М. Служебное назначение и основы создания машин. / И.М. Колесов – М.: Мосстанкин, 1973. – 114 с.
4. Формування конструкторських і технологічних розмірних зв'язків. Методичні вказівки до курсового і дипломного проектування для студентів спеціальностей „Технологія машинобудування” та „Металорізальні верстати і системи” Укл. С.Г.Бондаренко. – Чернігів: ЧТІ, 1999. – 52 с.
5. Размерный анализ конструкций: Справочник / С.Г.Бондаренко, О.Н.Чередников, В.П. Губий/ под общ.ред. к.т.н. С.Г.Бондаренко.- К.: Техника, 1989.-150с.
6. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова ,А.Г. Сулова Т.1 / [А.М. Дальский и др.]. – М.: Машиностроение-1, 2001 – 912с.
7. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова/ [А.М. Дальский и др.].– М.: Машиностроение - 1, 2001 – 944с.
8. Проектирование технологии: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / И.М.Бранчукова, А.А.Гусев, Ю.Б.Крамаренко и др.; под общ. редакцией Ю. М. Соломенцева. - М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.
9. Дунаев П.Ф. Допуски и посадки. Обоснование выбора: Учебное пособие для студентов машиностроительных вузов. / Дунаев П.Ф. Леликов О.П. Варламова Л.П. – М.: Высшая школа, 1984. – 112с.
10. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: навч. посібник. / П.О. Руденко – К.: Вища школа., 1993. – 414 с
11. Бондаренко С.Г. Розмірні зв'язки конструкцій і технологічних процесів: монографія / С. Г. Бондаренко, О. М. Чередніков; ред.: С. Г. Бондаренко; Черніг. держ. технол. ун-т. – Чернігів, 2013. – 463 с.
12. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для студ. техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.; Издательский центр «Академия», 2004. – 496 с.
13. Дунаев П.Ф. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец. учреждений среднего профессионального

образования. / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 5-е издание, дополн. – М.: Машиностроение, 2004. – 560 с.

14. Павлище В.Т. Основы конструирования та розрахунок деталей машин: Підручник. / В.Т. Павлище. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.

15. Орлов, П.И. Основы конструирования : справочно-методическое пособие в 2-х книгах. [Текст]/ П. И. Орлов ; ред. П. Н. Учаев. – 3-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 1988. – Кн. 1 – 560 с., кн. 2. – 544с.

16. Детали машин и основы конструирования / [М. Н. Ерохин и др.]; Под ред. М. Н. Ерохина. – М. : КолосС, 2005. – 462 с.

17. Матвеев В.В. Размерный анализ технологических процессов/ [В.В.Матвеев, М.М.Тверской, Ф.И.Бойков и др.] – М.: Машиностроение, 1982. – 264с.

18. Бондаренко С.Г. Основы технології машинобудування : навч. посібник для студ. вищих техн. навч. закладів / С.Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія, 2007. – 567 с.

19. Безъязычный, В. Основы технологии машиностроения: Учебник / В. Безъязычный. – М.: Машиностроение, 2013. – 568 с.

20. Дунаев П.Ф. Размерные цепи. / П.Ф. Дунаев – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Металлургиздат. 1963. – 308 с.

21. Колкер Я.Д. Базирование и базы в машиностроении [Текст]: учеб. пособие / Я. Д. Колкер, О. Н. Руднев. – Киев : Выща шк., 1991. – 100 с.

22. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа конструкции изделий: учебное пособие / В.Ф. Скворцов, Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во. Томского политехнического университета, 2012 – 80 с.

23. Суслов А.Г. Технология машиностроения: Учеб. для студентов маш. специальностей вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. /А.Г.Суслов. - М.: Машиностроение, 2007. – 430с.

24. Машиностроение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dlja-mashinostroitelja.info>

Додаток А Приклад оформлення індивідуального завдання

Форма № У 9.01

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Навчально-науковий інститут механічної інженерії, технологій та транспорту

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Освітня-професійна програма «Технології машинобудування»

ЗАВДАННЯ

на курсовий проєкт здобувачу вищої освіти

Комачу Руслану Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Конструкторсько-технологічний аналіз фрезерувальної машини
керівник роботи Сапон Сергій Петрович кандидат технічних наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 20 грудня 2020 року
3. Вихідні дані до роботи: складальний кресленик фрезерувальної машини.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Загальний розділ; 2. Розмірний аналіз; 3. Технологічний розділ.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____
Фрезерувальний вузол (формат А1), Вал (формат А2), Базування деталей в складальній одиниці
(формат А1), Складальні розмірні ланцюги (формат А1), Теоретична схема базування вала
(формат А3), Обґрунтування вибору варіантів базування (формат А2).
6. Дата видачі завдання 05.09.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН			
Пор. №	Назва етапів курсового проєкту	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання, постановка задач проєкту	05.09.2020	
2	Службове призначення складальної одиниці і деталі	16.09.2020	
3	Базування деталей в складальній одиниці	23.09.2020	
4	Аналіз технологічності конструкції деталі	07.10.2020	
5	Визначення параметрів якості складальної одиниці	21.10.2020	
6	Вплив недотримання параметрів якості на виконання складальною одиницею свого службового призначення	24.10.2020	
7	Виявлення складальних розмірних ланцюгів	11.11.2020	
8	Вибір технологічних методів забезпечення необхідної якості деталі	18.11.2020	
9	Основні технологічні задачі, що розв'язуються при розробці деталі	21.11.2020	
10	Вибір методів і кількості переходів обробки поверхонь	25.11.2020	
11	Теоретичні схеми базування деталі	02.12.2020	
12	Обґрунтування вибору варіантів базування	16.12.2020	
13	Оформлення графічної частини проєкту	19.12.2020	

Здобувач вищої освіти _____	Комач Р. М.
(підпис)	
Керівник проєкту _____	Сапон С.П.
(підпис)	

Додаток Б Додаткові технологічні вимоги до конструкції типових деталей

Додаткові вимоги до конструкції корпусних деталей

1. Оброблювані поверхні слід, по можливості, розташовувати паралельно або перпендикулярно одна до одної та основних баз деталі.
2. Оброблювані площини слід розташовувати на одному рівні, що дає можливість їх обробки за один робочий хід продуктивними методами: торцевим фрезеруванням, плоским шліфуванням та протягуванням, дає можливість обробки декількох заготовок одночасно і спрощує контроль.
3. Можливість наскрізної та одночасної обробки декількох поверхонь та обробки на прохід.
4. Відсутність глухих отворів і торців відрізуваних з внутрішніх боків.
5. Відсутність площин і отворів розташованих не під прямим кутом.
6. Можливість багатопшпіндельної обробки отворів відповідно до відстані між вісями отворів.
7. У ступінчастих отворах найточнішу ступінь слід виконувати наскрізною, що сприяє зниженню трудомісткості обробки, підвищенню точності і стійкості різального інструменту та спрощення його конструкції.
8. Необхідно уникати глухих різевих отворів, віддаючи перевагу наскрізним отворам з можливістю роботи різевого інструменту на прохід.
9. Розташування отворів повинно давати можливість використання інструменту нормальної довжини.
10. Необхідно уникати отворів зі складною формою твірної та внутрішньої різі великого діаметра.

Додаткові вимоги до валів

1. Можливість обробки поверхонь прохідними різцями.
2. Для спрощення обробки зменшувати діаметральні розміри шийок до кінців валів, або до однієї її сторони.
3. Шпонкові пази по можливості передбачати відкритими, а при кількох на одному валу - однаковими за шириною і в одній площині.
4. Відсутність різких перепадів діаметрів у місцях обробки шпонкових пазів.

5. Відношення довжини до діаметра не повинне перевищувати 10 для валів з точністю розмірів за 6...7 квалітетами і 15 - для валів 8 квалітету і більше. При багаторізцевій обробці через одночасну дію кількох сил останнє відношення повинно дорівнювати 10. Якщо жорсткість вала недостатня, треба розглянути можливість штучного підвищення жорсткості застосуванням люнетів, додаткових опор і т.ін.

Додаткові вимоги до дисків

1. Простота форми зовнішнього контуру і центрального отвору, одностороннє розташування маточини.
2. Відсутність довгих маточин у протягуваних отворах.
3. Можливість багаторізцевого точіння.
4. Відсутність співвісних отворів, оброблюваних з різних боків.
5. Відсутність глухих шліцевих отворів, оскільки їх можна отримати лише малопродуктивним довбанням.

Додаткові вимоги до циліндрів

1. Можливість наскрізної обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь.
2. Відсутність глухих отворів і торців, що підрізуються з внутрішніх боків.
3. Відсутність отворів, розташованих не під прямим кутом до осей.
4. Товщина стінок циліндра повинна забезпечувати достатню жорсткість для застосування високопродуктивних методів обробки.
5. Відсутність великої різностінності.
6. Відношення довжини циліндра до його діаметра не повинно перевищувати 10.

Додаткові вимоги до важелів

1. Наявність поверхонь, зручних для базування.
2. Відсутність оброблюваних поверхонь складного контуру.
3. Відсутність місць різкої зміни форми і різких перепадів розмірів поверхонь.
4. Відсутність глухих і ексцентричних отворів, особливо невеликих діаметрів.
5. Відсутність колін важелів і отворів, розташованих не під прямими кутами.
6. Можливість багатоінструментної обробки.

Додаткові вимоги до зубчастих коліс

1. Відсутність маточини або її одностороннє розташування.
2. Достатня точність баз для зубообробки.

3. Кут нахилу зубців вінців з внутрішніми зубцями або закритих вінців повинен відповідати параметрам уніфікованих інструментів і верстатів.
4. Кількість зубчастих вінців на багатовінцевих колесах та їх відносне розташування повинне відповідати параметрам уніфікованих інструментів і верстатів.
5. По можливості, виключати зубчасті вінці, точність яких може бути забезпечена тільки зубошліфуванням.
6. Розміри канавок для виходу зубонарізного інструменту в закритих зубчастих колесах повинні бути пов'язані з величиною модуля.
7. Твердість матеріалу (вихідного чи після термообробки) для зубчастих коліс з оброблюваними отворами, точними різями, отворами у вінцях, не повинна перевищувати $HRC_e 36...47$.

Додаток В Приклад оформлення титульних аркушів

Титульний аркуш на папку з матеріалами проєкту.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ	
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	
кафедра технологій машинобудування і деревообробки	
Курсовий проєкт з дисципліни “Основи технології машинобудування”	
Виконав:	здобувач вищої освіти гр. ТМ-211 Комач Р.М.
Керівник:	канд. техн. наук, доцент Сапон С.П.
ЧЕРНІГІВ 2022	

Титульний аркуш до пояснювальної записки курсового проекту.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

кафедра технологій
машинобудування і
деревообробки

Пояснювальна записка
до курсового проекту
з дисципліни
«Основи технології машинобудування»

Виконав: здобувач вищої освіти
гр. ТМ-211
Комач Р.М.

Керівник: канд. техн. наук, доцент
Сапон С.П.

ЧЕРНІГІВ 2022

