

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



МАШИНОЗНАВСТВО

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання **розрахунково-графічної роботи**
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
зі спеціальності 131 – **Прикладна механіка**
всіх форм навчання

Затверджено на засіданні
кафедри технологій
машинобудування і
деревообробки
протокол №5 від 04.05.2023 р.

ЧЕРНІГІВ 2023

Машинознавство. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка всіх форм навчання. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2023. – 38 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: ОЛЕКСІЄНКО СЕРГІЙ ВЛАДИСЛАВОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій зварювання та будівництва Національного університету «Чернігівська політехніка»

© Сапон С.П., 2023

© НУ «Чернігівська політехніка»

Зміст

1	Загальні методичні рекомендації.....	4
1.1	Призначення розрахунково-графічної роботи.....	4
1.2	Індивідуальне завдання та організація виконання РГР	4
1.3	Вимоги до обсягу та оформлення РГР	5
1.3.1	Структура РГР	5
1.3.2	Вимоги до оформлення пояснювальної записки РГР	5
1.3.3	Складання переліку посилань.....	8
1.3.4	Вимоги до оформлення графічної частини РГР	10
1.3.5	Критерії оцінювання знань при виконанні РГР	12
2	Методичні рекомендації до виконання розділів РГР	14
2.1	Функціональне призначення складальної одиниці і деталі.....	14
2.1.1	Опис конструкції та роботи машини (механізму, агрегату, складальної одиниці)	14
2.1.2	Функціональне призначення машини, механізму, агрегату, складальної одиниці.....	17
2.1.3	Функціональне призначення деталі.....	23
2.1.4	Функції поверхонь деталі	25
2.2	Базування деталі в складальній одиниці.....	26
2.3	Аналіз норм точності.....	29
2.3.1	Аналіз норм точності складальної одиниці.....	29
2.3.2	Аналіз норм точності деталі.....	33
	Рекомендована література	35
	Додаток А Приклад оформлення індивідуального завдання.....	37
	Додаток Б Приклад оформлення титульного аркуша	38

1 Загальні методичні рекомендації

1.1 Призначення розрахунково-графічної роботи

Розрахунково-графічна робота (РГР) призначена для закріплення теоретичних положень дисципліни «Машинознавство» і формування стійких практичних навичок виконання функціонального аналізу, розробки креслеників, аналізу норм точності вузлів, механізмів та деталей машин різного функціонального призначення.

1.2 Індивідуальне завдання та організація виконання РГР

Вихідними даними до виконання РГР є індивідуальне завдання у вигляді складального кресленика або повністю зрозумілого з технічної точки зору зображення вузла, складальної одиниці (СО). Враховуючи, що виконання даної РГР є також етапом підготовки до виконання курсового проекту, матеріали РГР можуть бути використанні в курсовому проектуванні. Приклад оформлення індивідуального завдання наведено в додатку А.

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

З метою забезпечення ритмічного та поетапного виконання РГР проводяться рубіжні контролю виконання розділів РГР. Рубіжний контроль здійснюється викладачем, а день проведення попередньо узгоджується з ЗВО. В результаті рубіжних контролів виявляється стан виконання розділів РГР. Здобувачі вищої освіти, які вчасно або з випередженням виконують РГР, отримують заохочувальні рейтингові бали, які розраховуються за допомогою коефіцієнта своєчасності виконання РГР.

Виконана та оформлена відповідно до вимог даних методичних рекомендацій РГР здається на перевірку не пізніше, ніж за сім календарних днів до початку екзаменаційної сесії згідно затвердженого графіку навчального процесу. За бажанням, здобувач вищої освіти може додатково представити РГР у вигляді мультимедійної презентації обсягом 5-7 слайдів, за яку також додатково нараховуються заохочувальні рейтингові бали.

1.3 Вимоги до обсягу та оформлення РГР

1.3.1 Структура РГР

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

Індивідуальне завдання

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

2. Аналіз норм точності

2.1 Аналіз норм точності складальної одиниці

2.2 Аналіз норм точності деталі

Перелік використаної літератури

Графічна частина РГР складається з наступних аркушів:

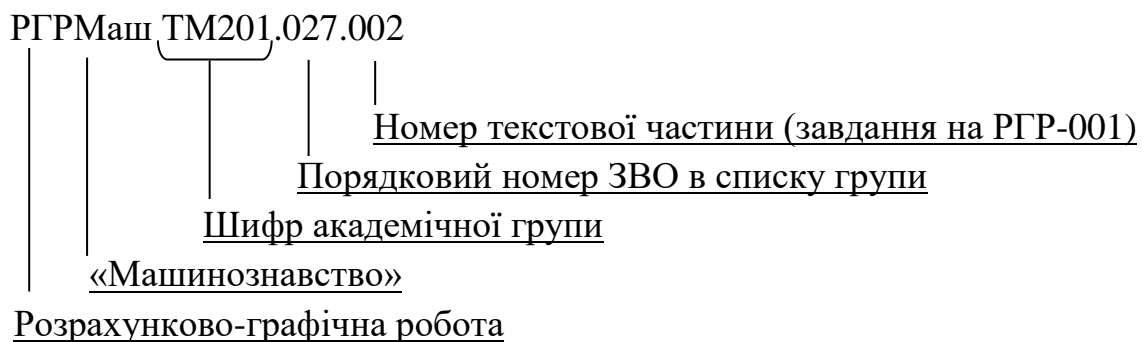
- кресленик складальної одиниці (формат А3-А1)
- кресленик деталі (формат А4-А2)

Обсяг пояснювальної записки та графічної частини РГР залежить від оцінки, на яку претендує здобувач вищої освіти. Детально критерії оцінки при виконанні РГР наведено п. 1.3.5.

1.3.2 Вимоги до оформлення пояснювальної записки РГР

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 Б) ПЗ розміщується індивідуальне завдання (додаток А).

Зміст розташовують безпосередньо після індивідуального завдання до РГР, 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 є другою сторінкою після індивідуального завдання. 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.

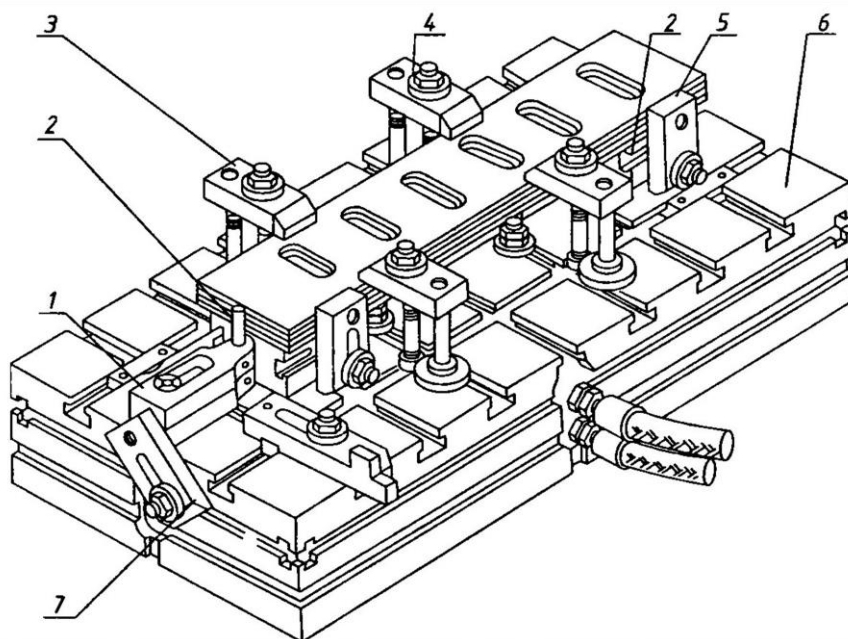
Матеріал ПЗ потрібно викладати коротко в логічній послідовності. В тексті повинні бути пояснення, розрахунки, ескізи, рисунки. **Не допускається** переписування з книг та інших інформаційних ресурсів відомих положень та інформації без відповідних посилань на їх номер у переліку посилань вміщений у квадратних дужках. Наприклад:

Гідравлічний циліндр використовується в засобах технологічного оснащення для закріплення заготовок при механічній обробці заготовок на металорізальних верстатах [1]. Технічні характеристики гідравлічного циліндра вибрано за довідником [2].

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 1.6 – параметри якості гідроциліндра*. 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 УЗП для обробки пазів сепаратора

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).

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

Якщо таблиця переноситься на іншу сторінку її позначають так:
Продовження таблиці 2.1.

Наприклад:

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
3	Матеріал затискача	Сталь	Поліуретан	Пластмаса

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.

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:

Середній квалітет точності обробки деталі визначається:

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^n K \cdot n_i}{n} \quad (2.4)$$

де K – квалітет точності розміру;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету точності;

n – загальна кількість розмірів.

1.3.3 Складання переліку посилань

Список літературних джерел та інших інформаційних ресурсів, використаних під час виконання РГР 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 діючого стандарту 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».

Посилання на деякі літературні джерела рекомендовано оформлювати наступним чином:

Навчальні посібники, підручники:

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. Новосолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура.] – 3-е вид. перероб. і доп. – Львів: Новий Світ-2000, 2020. – 471 с.

Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: навч. посібник для студ. вищих техн. навчальних закладів / С.Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія 2009. – 567 с.

Петров, О. В. Комп'ютерне проектування технологічного оснащення. Курсове проектування : навчальний посібник [Текст] / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.

Методичні вказівки:

Сапон С. П. Машинознавство. [Методичні рекомендації до виконання курсового проекту для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка всіх форм навчання.] / С.П. Сапон. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – 63 с.

Стаття в періодичному виданні

Мастенко І. Machine vision як невідемна частина інтелектуальних технологічних систем / Мастенко І., Сапон С., Стельмах Н. // Технічні науки та технології. – 2021. – № 4(26). – С. 58-66.

Стандарти:

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

Інформаційні інтернет-ресурси

Машинознавство [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eln.stu.cn.ua/course/view.php?id=6330>

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 РГР

Графічна частина РГР 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 незброєним 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 [5 – 12] та інших довідниках і посібниках з конструювання деталей машин.

На кресленнику деталі необхідно обов'язково відобразити :

- деталей в необхідній кількості видів та проєкцій для повного і чіткого уявлення про її форму та конструктивні особливості;
- 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 проєкцій, 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 кресленниках їх позначають *);
- технічні вимоги.

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

Перед поданням матеріалів графічної частини проекту на перевірку викладачеві студент 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?
2. Чи не зашарашений кресленник (схема, ескіз) зайвими проєкціями 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 РГР

При виконанні РГР оцінка знань здійснюється за наступною системою. Для підтвердження мінімального та достатнього рівня знань та умінь (**60 балів**) РГР необхідно виконати в мінімально необхідному обсязі наведеному в п. 1.3.1.

Для підтвердження більш високого рівня знань та умінь (**більше 60 балів**) необхідно виконати РГР в мінімально необхідному обсязі, а необхідну кількість додаткових балів здобувач вищої освіти обирає особисто, виконуючи види робіт з нижче наведеного переліку в таблиці 1.1.

Да кожним пунктом таблиці 1.1 дозволяється виконати **не більше 2-х додаткових завдань**.

Таблиця 1.1 – Перелік видів додаткових завдань

Вид додаткових робіт	Обсяг	Кількість балів
Функціональне призначення деталі	1 деталь	10
Функції поверхонь деталі	1 деталь	5
Базування деталі в складальній одиниці	1 деталь	5
Аналіз норм точності деталі	1 деталь	12
Кресленик деталі	1 деталь	15

За бажанням, здобувач вищої освіти може додатково представити РГР у вигляді мультимедійної презентації обсягом 5-7 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.

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 РГР помилок в розділах та графічній частині РГР. Керівник повинен вказати на наявність та характер помилок (редакційні, графічні,

лінгвістичні, в розрахунках тощо) в певних розділах РГР, а виявлення та виправлення помилок повинен здійснювати виключно самостійно здобувач вищої освіти. Якщо здобувач вищої освіти не може самостійно знайти і виправити помилки, він повинен звернутися за допомогою до викладача.

Після виправлення помилок здобувач вищої освіти повторно подає РГР 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.

Виконана без помилок та оформлена відповідно до вимог даних методичних рекомендацій РГР повинна бути здана в останній робочий день перед початком екзаменаційної сесії згідно затвердженого графіку навчального процесу.

Своєчасність виконання РГР стимулюється за рахунок застосування коефіцієнта своєчасності K_{CB} , на який множиться кількість балів, отриманих здобувачем вищої освіти за виконання РГР. Значення коефіцієнта своєчасності наведено в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Значення коефіцієнта своєчасності K_{CB}

Період протягом якого виконано і захищено РГР	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 РГР факту несамотійного виконання роботи, здобувачу вищої освіти оголошується догана та видається нове завдання.

2 Методичні рекомендації до виконання розділів РГР

2.1 Функціональне призначення складальної одиниці і деталі

Формулювання функціонального призначення будь-якого технічного об'єкта є дуже відповідальним етапом процесу підготовки інженера. Вміння чітко, зрозуміло і максимально конкретно формулювати функціональне призначення технічних об'єктів є ключовим навиком, необхідним для їх проектування або удосконалення. Помилки, допущені при формулюванні та уточненні функціонального призначення, призводять до створення неякісних об'єктів, зайвих витрат праці при їх виготовленні, освоєнні і експлуатації.

Вміння формулювати функціональне призначення машини (складальної одиниці, деталі) дозволить в подальшому успішно здійснювати їх проектування, удосконалення або розробку технологічних процесів виготовлення.

Розробці функціонального призначення будь-якого технічного об'єкта повинні передувати глибоке вивчення задач, для розв'язання яких він призначений. Починати розробку функціонального призначення слід з детального опрацювання інформації, що міститься в описі конструкції та принципу роботи технічного об'єкта.

2.1.1 Опис конструкції та роботи машини (механізму, агрегату, складальної одиниці)

Метою формулювання описання конструкції та роботи машини (механізму, агрегату, складальної одиниці) є набуття студентом вміння структуровано, компактно, зрозуміло і чітко описувати технічні об'єкти та системи. Це сприяє формуванню загальних та фахових компетенцій відповідно до освітньої програми підготовки фахівців, зокрема:

- здатність структурно і логічно висловлювати свою думку, описувати процеси, явища, технічні об'єкти та системи;

- здатність до аналізу та синтезу, вміння виявляти, формулювати, ставити та вирішувати прикладні (науково-прикладні) завдання.

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 відображатись певна інформація про конструкцію, яка описується відповідно до вищенаведених 7-ми пунктів.

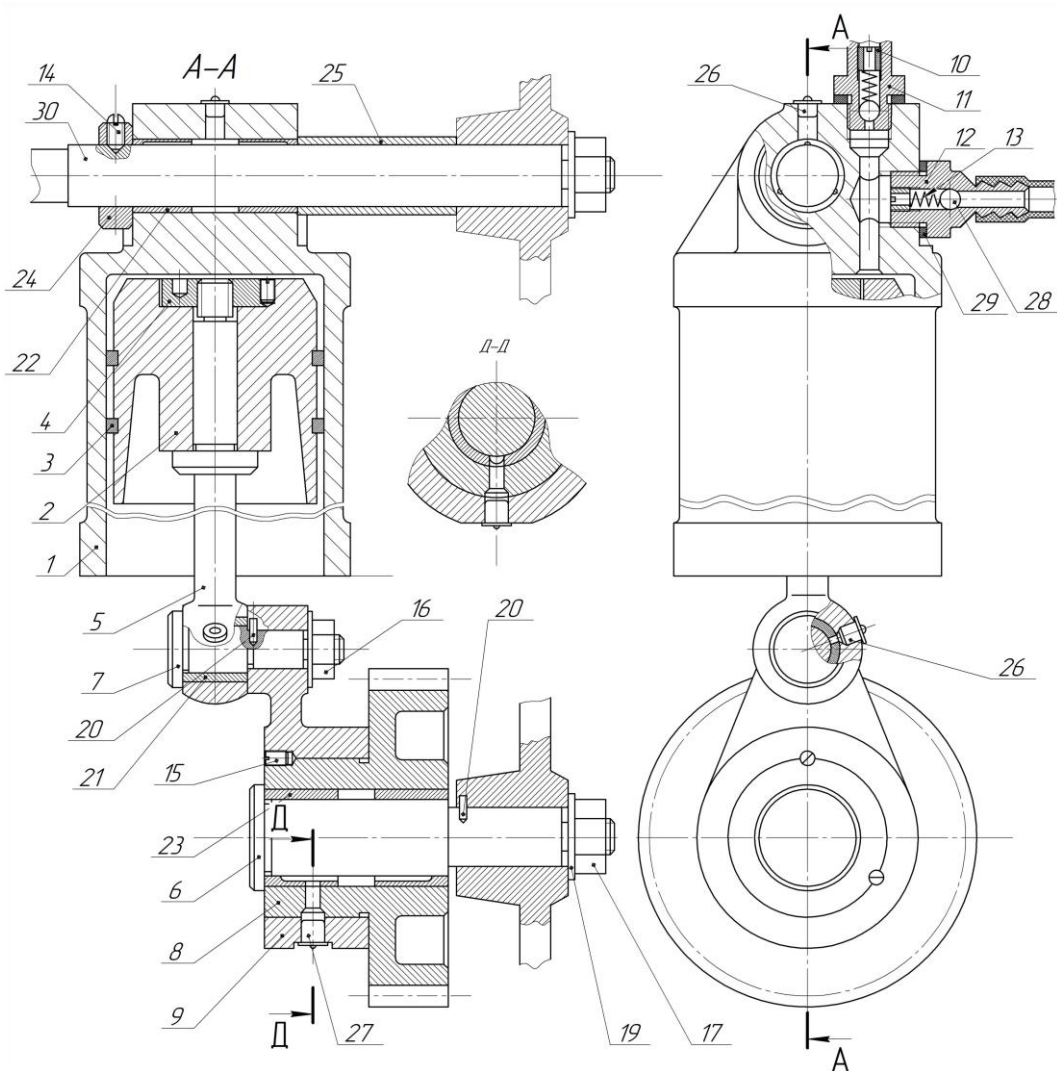
Текст описання конструкції і роботи машини слід формулювати таким чином, щоб в ньому було посилання на конкретні деталі і вузли машини у вигляді посилань на відповідні позиції рисунка, що ілюструє конструкцію машини (механізму, агрегату, складальної одиниці). Описання будь-якої конструкції без її ілюстрації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

Приклад описання конструкції повітряного насоса:

Повітряний насос (рисунок 2.1) призначений для відсмоктування газів з домішками крапельної рідини при створенні зони розрідження в ємності низького тиску трубопровідної системи перекачування світлих нафтопродуктів.

Основні деталі насоса: циліндр 1, поршень 2 і поршневі кільця 3, шток 5 і кривошип 9, з'єднані пальцем 7, перетворюють обертальний рух зубчастого колеса 8 у зворотно-поступальний рух поршня в циліндрі. Поршень кріпиться на штоці 5 спеціальною гайкою 4, що має два циліндричних отвори під ключ для загвинчування. Гвинти 15, що з'єднують гайку з поршнем, запобігають її відгвинчуванню.

У верхній частині циліндра розташовані всмоктуючий 12 і нагнітаючий 11 клапани. Отвори (сідла) у корпусах клапанів закриті кульками 28, що притиснуті пружинами 13. Сила притиснення пружин регулюється гайками 10.



1 – циліндр, 2 – поршень, 3 – кільце пориневе, 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 2.1 – До опису конструкції повітряного насоса

Основні конструктивні частини повітряного насоса: циліндр 1 в зборі та зубчасте колесо 8 з кривошипом 9 встановлюються на осях 6 і 30, які в свою чергу кріпляться в отворах рами установки.

Основна функція повітряного насоса - відсмоктування газів реалізується наступним чином. При переміщенні поршня 2 вниз у циліндрі 1 створюється розрідження. Всмоктуючий клапан 12 відкривається, і повітря із системи засмоктується в циліндр. При переміщенні поршня вгору під дією стиснутого повітря відкривається нагнітаючий клапан 11 і повітря виштовхується в атмосферу.

У вісь 6 і палець 7 запресовані штифти 20, що запобігають їхньому провертанню, оскільки заведені в прорізі, що є в кривошипі і станині. Поверхні тертя змащуються через маслянки 26 і 27.

Допоміжними функціями повітряного насоса є забезпечення необхідної продуктивності, необхідної величини тиску на виході з насосу, величини ККД не менше $\eta=0,75$, встановленого допустимого рівня шуму, вимог ергономічності, безпеки, надійності та довговічності роботи протягом 10000 ± 100 годин машинного часу.

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. Необхідна величина ККД досягається точністю і плавністю переміщень та мінімальними втратами на тертя в рухомих елементах повітряного насоса.

В технічних характеристиках машини або вузла необхідно навести інформацію про параметри, необхідні для розуміння його функціональних можливостей.

Конкретний перелік технічних характеристик залежить від функціонального призначення машини, вузла, складальної одиниці, що аналізується. Сформулювати технічні характеристики можна на основі вивчення навчальної, науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціальних періодичних видань, матеріалів тематичних виставок, патентів, інформаційних ресурсів мережі Internet тощо. Наприклад:

Технічні характеристики повітряного насоса [2]:

<i>Робочий тиск стиснутого повітря на виході з насосу</i>	<i>$101\pm 1,0$ кПа</i>
<i>Коефіцієнт корисної дії,</i>	<i>$\eta=0,75$.</i>
<i>Продуктивність</i>	<i>$0,75\pm 0,05$ м³/хв</i>
<i>Тиск залишковий мінімальний при нульовій продуктивності</i>	<i>$0,73\pm 0,01$ кПа</i>
<i>Номінальна частота обертання кривошипа</i>	<i>400 ± 5 хв⁻¹</i>
<i>Ресурс роботи до відмови не менше</i>	<i>10000 ± 100 годин машинного часу.</i>

2.1.2 Функціональне призначення машини, механізму, агрегату, складальної одиниці

Функціональне призначення машини (механізму, агрегату, складальної одиниці) – максимально уточнений і чітко сформульований перелік функції, виконуючи які машина (механізм, агрегат, складальна одиниця) буде вважатися придатним для задоволення певних потреб суспільства (людини).

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.

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

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 (розділення) матеріалів; 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_0 є «корегування зору», а допоміжними функціями є:

- $\Phi_{Д1}$ – забезпечувати фіксацію лінз на обличчі
- $\Phi_{Д2}$ – забезпечувати відповідний естетичний рівень,
- $\Phi_{Д3}$ – забезпечувати довговічність тощо.

Матеріальними носіями цих функцій відповідно є: лінзи, дужки оправи і оправа в цілому. Основною функцією оправи 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.

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 структурні елементи, оскільки вони є матеріальними носіями функції. Сукупність функцій структурних елементів формують перелік основних і допоміжних функцій будь-якої машини (механізму, агрегату, складальної одиниці).

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 вивчаємого 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.

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)

завичай, не викликає труднощів. Наприклад, токарний верстат призначено 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 конкретизовано 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 оброблених 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) тощо.

Те саме стосується і автомобіля. Необхідно уточнити, для перевезення яких вантажів він передбачений, якої маси, на якій 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 критеріїв виконання (невиконання) складальною одиницею своїх функцій при виготовленні та експлуатації.

При формулюванні функціонального призначення складальної одиниці необхідно сформулювати і чітко уявити собі функціональне призначення машини, куди дана складальна одиниця входить. 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 функціонального призначення.

Приклад формулювання функціонального призначення повітряного насоса наведено нижче.

Повітряний насос (див. рисунок 2.1) призначений для відсмоктування газів з домішками крапельної рідини при створенні зони розрідження в ємності низького тиску трубопровідної системи перекачування світлих нафтопродуктів.

Основна функція (Φ_0) – відсмоктування газів.

Допоміжні функції (Φ_d):

Φ_{d1} – забезпечення продуктивності $0,75 \pm 0,05 \text{ м}^3/\text{хв}$;

Φ_{d2} – забезпечення величини тиску на виході з насосу $101 \pm 1,0 \text{ КПа}$.

Φ_{d3} – забезпечення величини ККД не менше $\eta = 0,75$.

Φ_{d4} – забезпечення допустимого рівня шуму 70 дБ .

Φ_{d5} – забезпечення показників надійності та довговічності протягом гарантованого терміну експлуатації 10000 ± 100 годин машинного часу.

Φ_{d6} – забезпечення вимог безпеки та ергономічності.

Відсмоктування і нагнітання повітряним насосом газів здійснюється за допомогою всмоктуючого і нагнітаючого клапанів золотникового типу з робочим тиском спрацьовування відповідно $5,1 \pm 0,5 \text{ КПа}$ і $101 \pm 1,0 \text{ КПа}$.

Тиск залишковий мінімальний при нульовій продуктивності $0,73 \pm 0,01 \text{ КПа}$.

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 $\eta = 0,75$ забезпечується точністю і плавністю переміщень та мінімальними втратами на тертя в рухомих елементах повітряного насоса.

Швидкість руху поршня в циліндрі не повинна перевищувати 1,5-2м/с (при номінальній продуктивності). Хід поршня 160±1 мм. Номінальна частота обертання кривошипа 400±5хв⁻¹.

Допустима температура нагрівання поршневих кілець $t=75\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Інтервал допустимої температури експлуатації насоса $-20^{\circ}\dots + 40^{\circ}\text{C}$. Відносна вологість повітря $75\pm 10\%$.

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

2.1.3 Функціональне призначення деталі

Функціональне призначення деталі – максимально уточнена і чітко сформульована задача, для розв’язання якої призначена деталь, як елемент складальної одиниці.

Принципи формулювання функціонального призначення деталі аналогічні принципам формулювання функціонального призначення складальної одиниці (див. п 2.1.2).

Деякі функції типових деталей машин наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Окремі функції деяких типових деталей машин

Тип деталі	Функції: основна (Φ_o), допоміжна (Φ_{∂})	
Корпус	Φ_o	Забезпечення сталої точності відносного розташування деталей і механізмів у статичному стані, так і в процесі експлуатації машини.
	$\Phi_{\partial 1}$	Створення замкнутого простору
	$\Phi_{\partial 2}$	Забезпечення плавності роботи деталей і механізмів
	$\Phi_{\partial 3}$	Гасіння вібрацій
Вал, шпindelь	Φ_o	Передача зусилля обертання з переносом вздовж вісі
	$\Phi_{\partial 1}$	Орієнтування деталей в складальній одиниці
	$\Phi_{\partial 2}$	Надання деталям обертового руху з визначеною швидкістю і крутним моментом
Станина, рама	Φ_o	Координація та взаємне орієнтування основних вузлів і механізмів машини (в деяких випадках спрямовує їх рух)
Шестерня, зубчасте колесо	Φ_o	Передача крутного моменту
	$\Phi_{\partial 1}$	Зменшення (збільшення) кількості обертів
Важіль	Φ_o	Передача зусилля сполученим деталям
	$\Phi_{\partial 1}$	Переміщення деталей із заданою швидкістю
	$\Phi_{\partial 2}$	Фіксація положення деталей
Шпонка, штифт	Φ_o	Запобігання прокручуванню
Колінчастий вал	Φ_o	Перетворення поступального руху в обертовий або навпаки
	Φ_{∂}	Орієнтування деталей поршневої групи
Кожух, кришка	Φ_o	Розділяє, відділяє від середовища, запобігає, захищає
Шатун	Φ_o	Передача зворотно-поступального руху

Приклад формулювання функціонального призначення кривошипа.

Кривошип (рисунок 2.2) призначений для виконання наступних нижченаведених функцій.

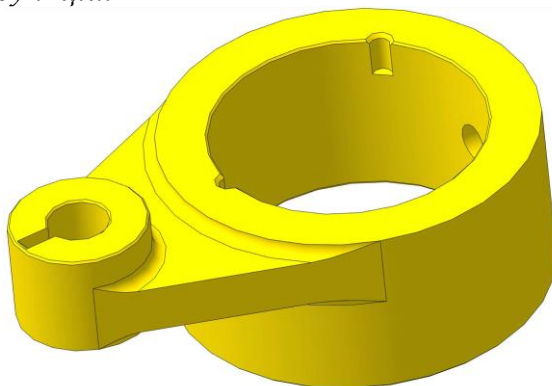


Рисунок 2.2 – Тривимірний модель кривошипа

Основна функція (Ф_о): перетворення обертання зубчастого колеса 8 у зворотно-поступальне переміщення штока 5 з поршнем (див. рисунок 2.1)

Допоміжні функції (Ф_д):

Ф_{д1} – забезпечення точності розташування пальця 7 та штока 5;

Ф_{д2} – забезпечення жорсткості конструкції;

Ф_{д3} – забезпечення вимог безпеки при складанні і експлуатації насоса

Крутний момент який передає кривошип складає: 260 ± 2 Н·м.

Зовнішні й внутрішні поверхні деталі не повинні мати раковин, порожнин, сколів, тріщин та інших ливарних дефектів. На зовнішніх поверхнях кривошипа не допускається наявність гострих країв та кутів для забезпечення безпеки при складанні і експлуатації.

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

Рекомендована температура навколишнього середовища при експлуатації кривошипа $20^{\circ} \pm 10^{\circ} \text{C}$. Інтервал допустимої температури експлуатації кривошипа $-20^{\circ} \dots + 40^{\circ} \text{C}$. Відносна вологість повітря $75 \pm 10\%$

В даному підрозділі РГР необхідно навести функціональне призначення **однієї деталі**.

За бажанням, з метою отримання додаткових балів можна виконати функціональне призначення ще додатково двох деталей. Вид деталей має відрізнятися. Не можна розробляти функціональне призначення двох корпусів або двох валів тощо. За кожне додатково розроблене функціональне призначення деталі здобувач вищої освіти може отримати **10 балів**. Кількість деталей, для яких розробляється функціональне призначення в РГР не може перевищувати трьох.

2.1.4 Функції поверхонь деталі

На кожен деталь у машині покладається виконання певних функцій, що походять з основних і допоміжних функцій машини. В сукупності ці функції повинні відображатись і максимально уточнюватись у 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.

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

У вала 1, наприклад (рисунок 2.3) - 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 даної інших деталей.

Наприклад, у вала 1 - це шийка і прилеглий торець, які орієнтують зубчасте колесо 2; шпонковий паз, який орієнтує шпонку на валу.

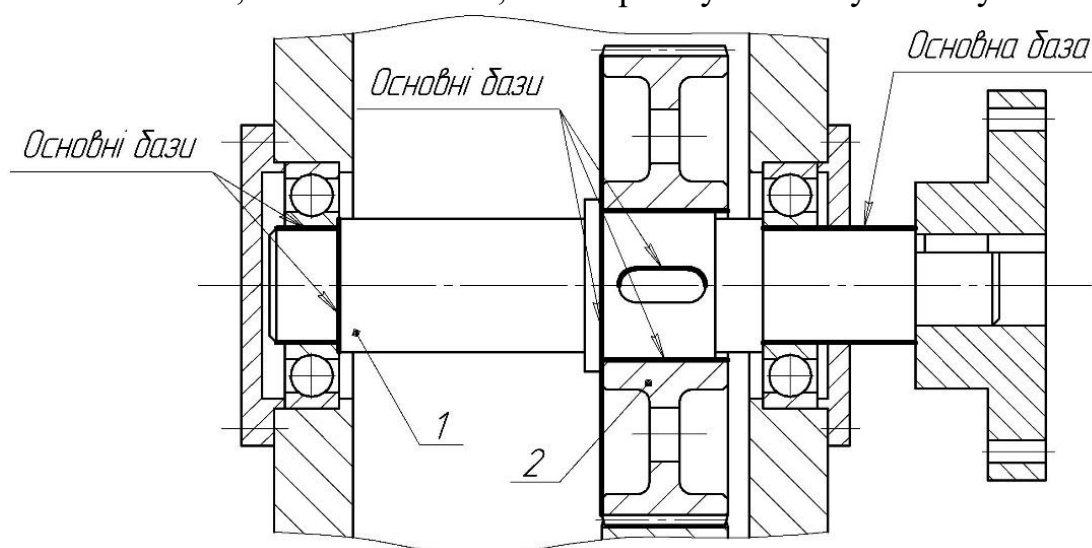


Рисунок 2.3 – До визначення основних баз деталей

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

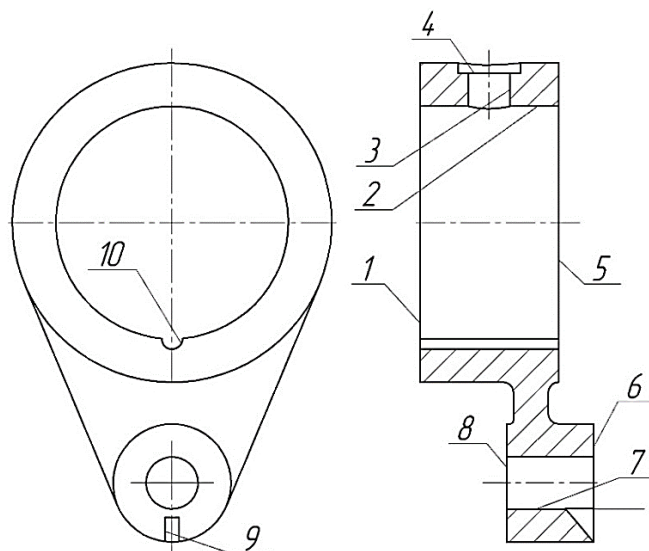


Рисунок 2.4 - До визначення функцій поверхонь кривошипа

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

За бажанням, з метою отримання додаткових балів можна визначити функції поверхонь ще додатково двох деталей різних видів. За визначення функцій поверхонь кожної додаткової деталі здобувач вищої освіти може отримати **5 балів**. Кількість деталей, для яких можна визначити функції поверхонь не може перевищувати трьох.

2.2 Базування деталі в складальній одиниці

Виконання даного підрозділу РГР 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 2.5);

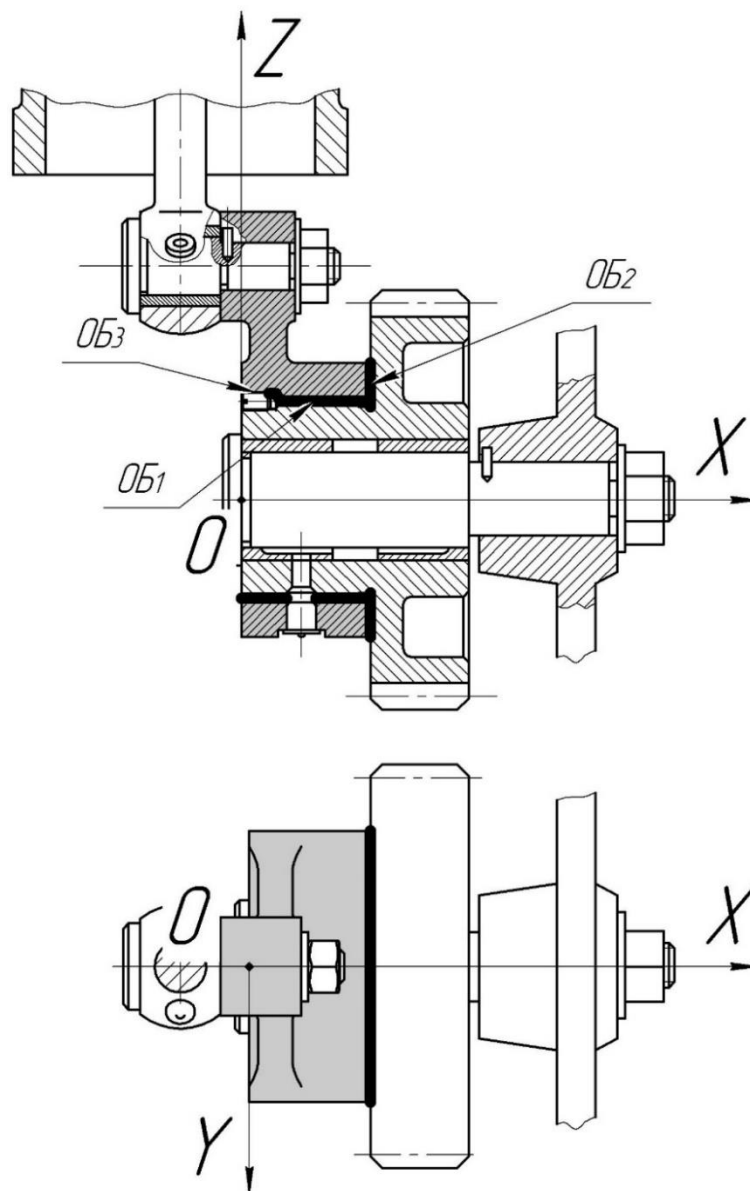


Рисунок 2.5 – Приклад фрагменту повітряного-насосу з позначенням основних баз кривошипа

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

5) використовуючи рекомендації [2, 4] та інших доступних літературних джерел з основ технології машинобудування нанести на ескіз деталі умовні позначення опорних точок (рисунок 2.6);

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

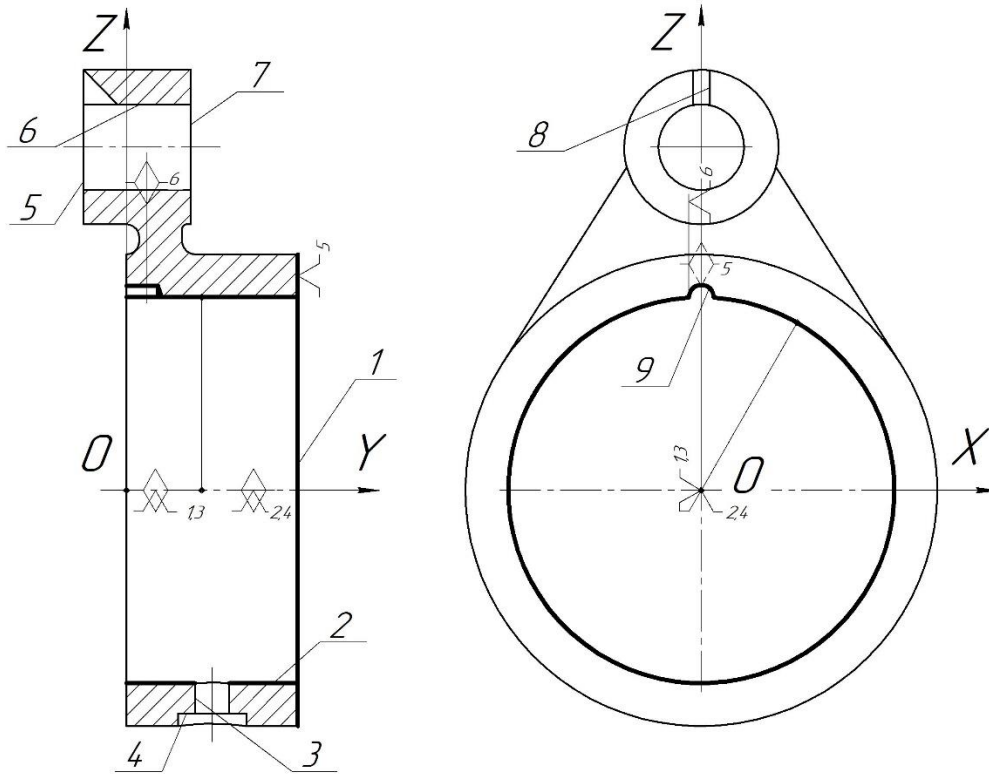


Рисунок 2.6 – Приклад схеми базування кривошипа в складальній одиниці

7) дати повну назву основних і допоміжних баз деталі відповідно до рекомендацій наведених в посібнику [4 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 2.7 – Приклад оформлення таблиці з визначенням основних баз кривошипа та формулювання повної назви основних і допоміжних баз

Правила проставлення умовних позначень опорних точок на основних базах деталей наведено в посібниках [2, 4] та інших літературних джерелах з основ технології машинобудування.

2.3 Аналіз норм точності

Виходячи з функціонального призначення складальної одиниці та деталі, в даному розділі РГР необхідно здійснити аналіз норм точності та технічних умов (ТУ), які необхідно витримати при їх виготовленні.

На основі аналізу функціонального призначення, основних та допоміжних функцій складальної одиниці і деталі формують їх норми точності та ТУ з необхідними кількісними показниками. Кількісні показники визначають, використовуючи відповідні стандарти і літературу, наприклад [6, 7, 9, 11 та ін.], або розраховуючи відповідні складальні розмірні ланцюги.

2.3.1 Аналіз норм точності складальної одиниці

На основі сформульованих раніше основних і допоміжних функцій складальної одиниці в даному пункті РГР виявляється перелік норм точності та технічних вимог, дотримання яких дозволить складальній одиниці при експлуатації в повній мірі виконати своє функціональне призначення.

Фактично, кожна основна чи допоміжна функція складальної одиниці передбачає дотримання мінімум однієї норми точності.

Успішність процесу виявлення норм точності повністю залежить від ґрунтовності опрацювання функціонального призначення заданої складальної одиниці (див. п. 2.1.2) та детальності формулювання опису її конструкції та принципу роботи (див. п. 2.1.1).

Типовими, найбільш поширеними нормами точності складальних одиниць є:

- точність розмірів виконавчих поверхонь деталей;
- точність форми виконавчих поверхонь деталей;
- норми точності відносного розташування (паралельність, перпендикулярність, співвісність, радіальне та торцеве биття) виконавчих поверхонь (осей поверхонь) деталей;
- точність розташування виконавчих поверхонь (осей поверхонь) деталей, що визначається лінійними або кутовими розмірами;
- зазори, що гарантують рухомість деталей;

- вимоги до шорсткості виконавчих поверхонь деталей;
- особливі вимоги до якості та фізико-механічних характеристик (твердість, напрям мікронерівностей тощо) поверхневого шару виконавчих поверхонь деталей;
- інші специфічні вимоги та норми точності.

Виконувати аналіз норм точності складальної одиниці рекомендується в наступній послідовності:

1) на основі функціонального аналізу виявити та чітко сформулювати всі **експлуатаційні параметри якості складальної одиниці**, дотримання яких дозволить їй в повній мірі виконати своє функціональне призначення;

2) виявити та чітко сформулювати всі **норми точності**, які забезпечують дотримання експлуатаційних параметрів якості складальної одиниці;

3) на фрагменті ескіза або конструктивної схеми (КС) складальної одиниці відобразити сформульовані норми точності;

4) відобразити графічною ілюстрацією **ситуації, що виникнуть при недотриманні норм точності** складальної одиниці.

Графічні ілюстрації в даному підрозділі КП повинні чітко ілюструвати взаємодію деталей, про які йдеться у формулюванні норм точності. Разом з тим ілюстрація не повинна містити зайвих конструктивних особливостей складальної одиниці. Масштаб береться довільним, але таким, щоб дозволяв достатньо ясно проставити усі необхідні розміри, параметри точності та позначення.

Для кращої наочності на графічних ілюстраціях рекомендується масштаб зображення похибок, що виникатимуть при недотриманні норм точності, брати значно більшим, ніж масштаб решти ескізу. Це дозволяє чіткіше показати їх вплив. При необхідності показати зазор чи інше відносне положення деталей рекомендовано фрагментарно у збільшеному масштабі зображувати лише окремі частини складальної одиниці.

Не рекомендується на одному рисунку намагатися відобразити всі норми точності складальної одиниці та(або) ситуації, що виникнуть при їх недотриманні.

Наприклад, виходячи з опису конструкції та функціонального призначення повітряного насосу (див. рисунок 2.1) при його виготовленні необхідно забезпечити наступні експлуатаційні параметри якості:

- 1) плавність ходу поршня, без заїдань і заклинювання;
- 2) герметичність насоса;

- 3) вільне переміщення кульок в корпусах клапанів 11 і 12;
- 4) плавність обертання кривошипа, без биття, заклинювання з необхідною швидкістю;
- 5) вільне обертання циліндра навколо осі;
- 6) повноту робочого ходу поршня;
- 7) необхідну міцність деталей насоса;
- 8) довговічність роботи повітряного насоса.

Наведені експлуатаційні параметри повітряного насоса є наслідками його основних і допоміжних функцій. Експлуатаційні параметри в свою чергу забезпечуються низкою норм точності, які визначають точність розмірів, форми, відносного розташування, шорсткість виконавчих поверхонь деталей складальної одиниці. В даному прикладі – деталей повітряного насоса.

Зокрема, наприклад плавність ходу поршня 2 (див. рисунок 2.4), без заїдань і заклинювання забезпечується:

- співвісністю A_{Δ} та B_{Δ} між отвором циліндра та зовнішніми поверхнями кожного з поршневих кілець 3;
- паралельністю γ_{Δ} та β_{Δ} осей отвору циліндра та зовнішніх поверхонь кожного з поршневих кілець 3;
- посадкою $\varnothing 62 \frac{H7}{h6}$ мм зовнішніх поверхонь кожного з кілець в отвір поршня;
- точністю форми та розміру, шорсткістю отвору $\varnothing 62H7$ мм в циліндрі ;
- точністю форми та розмірів, шорсткістю зовнішніх поверхонь $\varnothing 62h7$ мм поршневих кілець 3.

Норми точності, що забезпечують плавність ходу поршня 2 без заїдань і заклинювання наведено на рисунку 2.8.

При недотриманні з названого переліку вимог паралельності γ_{Δ} та β_{Δ} виникне порушення правильного відносного розташування (перекошування) осі отвору циліндра та зовнішніх поверхонь поршневих кілець 3. Ця ситуація може зумовити нещільне їх прилягання до отвору $\varnothing 62H7$ мм в циліндрі внаслідок чого може виникнути зазор. Це неприпустимо відповідно до функціонального призначення повітряного насоса. Також перекошене положення поршневих кілець призведе до збільшення сил тертя між кільцями і отвором поршня, що не сприятиме плавності ходу поршня, без заїдань і заклинювання.

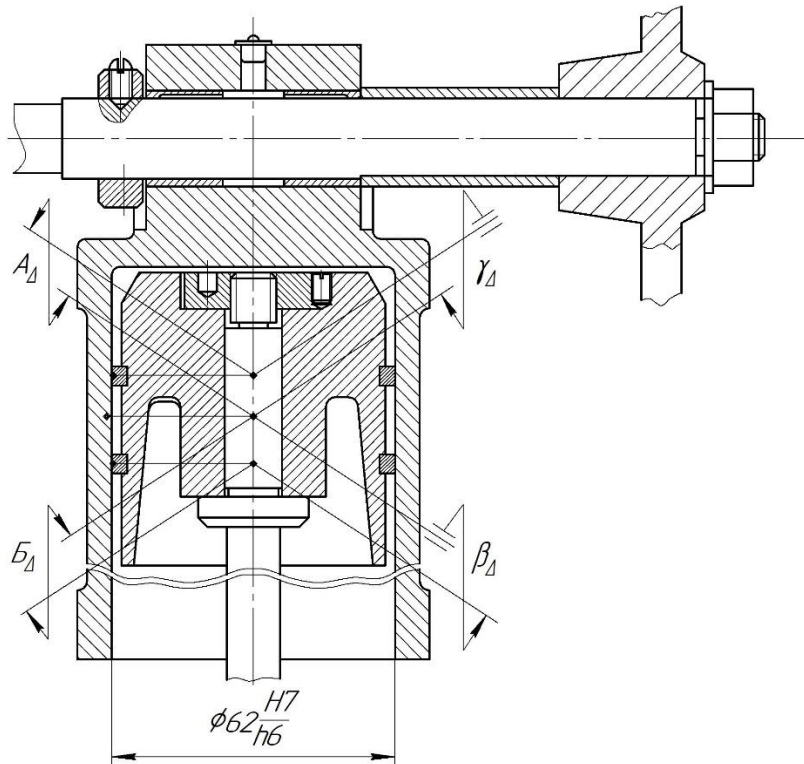


Рисунок 2.8 – Фрагмент ескіза повітряного насоса з позначенням норм точності, що забезпечують плавність ходу поршня, без заїдань і заклинювання

Ситуація, що виникне при недотриманні вимог паралельності γ_{Δ} та β_{Δ} осей отвору циліндра та зовнішніх поверхонь поршневих кілець наведена на рисунку 2.9.

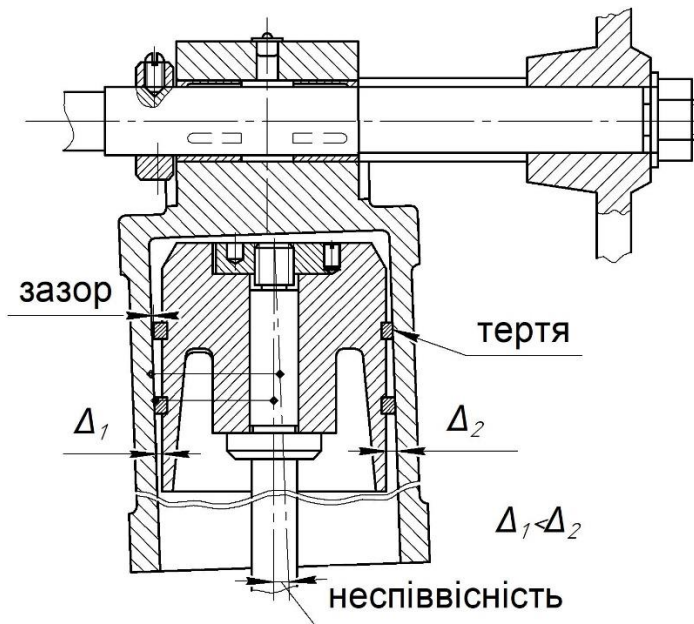


Рисунок 2.9 – Ілюстрація ситуації, що виникне при недотриманні паралельності γ_{Δ} та β_{Δ} осей отвору циліндра та зовнішніх поверхонь поршневих кілець

Аналогічно здійснюється описання на ілюстрація впливу інших норм точності, що визначають плавність ходу поршня повітряного насоса без заїдань і заклинювання.

За аналогічною методикою здійснюється аналіз норм точності, які забезпечують виконання інших експлуатаційних параметрів повітряного насоса.

В РГР за наведеною методикою аналогічним чином необхідно здійснити аналіз норм точності, які забезпечують виконання мінімум трьох експлуатаційних параметрів заданої складальної одиниці.

2.3.2 Аналіз норм точності деталі

Функціональне призначення деталі, норми точності і ТУ на неї є наслідком функціонального призначення складальної одиниці, до якої входить задана деталь. Як правило, основні норми точності і ТУ відображаються в функціональному призначенні деталі і наводяться на її кресленику.

В РГР аналіз норм точності і технічних вимог до заданої деталі рекомендовано виконувати в наступній послідовності:

1) **Виявити та розібратися у взаємозв'язках** заданої деталі з іншими деталями складальної одиниці (на підставі конструкції і опису роботи складальної одиниці).

2) Грунтовно **проаналізувати норми точності складальної одиниці**, в яких задіяна задана деталь.

3) **Виявити та чітко сформулювати норми точності та технічні вимоги**, які необхідно витримати при виготовленні деталі для забезпечення встановлених в попередньому пункті параметрів якості складальної одиниці. При формулюванні норм точності зазвичай конкретизуються параметри точності розташування (точність розмірів, відносних поворотів) виконавчих поверхонь деталі, які необхідно забезпечити. Від правильності виявлення та чіткості формулювання норм точності в значній мірі залежить в подальшому побудова технологічного процесу виготовлення деталі та її якісні показники. Порушення вказаних норм точності призведе до порушення або неможливості виконання деталлю свого функціонального призначення.

4) Показати з графічною ілюстрацією **вплив недотримання параметрів точності** деталі на виконання нею та складальною одиницею свого функціонального призначення.

Ескізи, що ілюструють важливість дотримання норм точності деталі повинні носити характер схем, зображених у довільному масштабі, але такому, який би дозволяв достатньо ясно сприймати усі необхідні розміри, та позначення. Ескіз повинен чітко ілюструвати взаємодію заданої деталі з іншими і разом з тим не містити зайвих конструктивних особливостей. При необхідності показати зазор чи інше відносне положення деталей рекомендовано фрагментарно у збільшеному масштабі зображувати лише окремі частини складальної одиниці.

Наприклад:

Відповідно до вимог функціонального призначення при обробці корпусу необхідно забезпечити наступні основні норми точності і технічні вимоги:

- 1) точність розміру отворів $\varnothing 80H7$ мм, циліндричність в межах допуску 0,01мм;*
- 2) співвісність отворів $\varnothing 190H7$ мм і $\varnothing 100H7$ мм в межах допуску 0,03мм;*
- 3) точність міжосьової відстані $100 \pm 0,05$ мм отворів $\varnothing 80H7$ і $\varnothing 100H7$;*
- 4) перпендикулярність осі отворів $\varnothing 190H7$ мм і $\varnothing 100H7$ мм відносно осі отворів $\varnothing 80H7$ в межах допуску 0,04мм;*
-*
- 8) перпендикулярність торців до отворів $\varnothing 80H7$ мм в межах допуску 0,05мм.*

При недотриманні перпендикулярності торців до отворів $\varnothing 80H7$ мм в межах допуску 0,05 мм може виникнути зазор між кришкою і торцем корпусу, що призведе до втрати герметичності підшипникового вузла (рисунок 2.10).

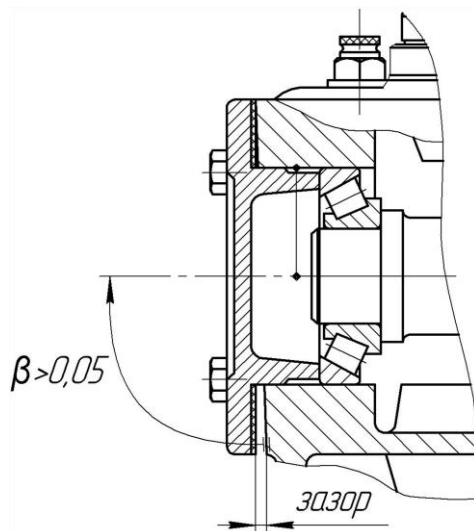


Рисунок 2.10 – Вплив неперпендикулярності на прилягання кришки підшипникового вузла

Рекомендована література

1. Бондаренко С.Г. Основи системної технології життєвого циклу машин : монографія : у 2 ч. Ч. 1 : Системність та створення виробу / С. Г. Бондаренко, О. П. Космач ; за заг. ред. С. Г. Бондаренка. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2020. – 262 с.
2. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування : навч. посібник для студ. вищих техн. навч. закладів / С.Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія, 2007. – 567 с.
3. 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.
4. Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва: навч. посібник / С.Г. Бондаренко – Київ: ІСДО, 1993. – 544 с.
5. Деталі машин: підручник / А. В. Міняйло, Л. М. Тіщенко, Д. І. Мазоренко [та ін.]. – Київ: Агроосвіта, 2013. – 448 с.
6. Деталі машин. Розрахунок та конструювання: підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, О.І. Дубинець [та ін.]. – К.: «Талком», 2014. – 684 с.
7. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 1 [Текст]: навч. посібн. / Ю.І. Адаменко, О.М. Герасимчук, С.В. Майданюк, Н.В. Мініцька, В.А. Пасічник, О.А. Плівак. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. – 164 с.
8. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 2 [Текст]: навч. посібн. / Ю.І. Адаменко, О.М. Герасимчук, С.В. Майданюк, Н.В. Мініцька, В.А. Пасічник, О.А. Плівак. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. – 188 с.
9. Коновалюк Д. М. Деталі машин : підручник / Д. М. Коновалюк, Р. М. Ковальчук, 2-ге вид. – Київ : Кондор, 2004. – 584 с.
10. Курмаз Л. В. Основи конструювання деталей машин: навчальний посібник / Л. В. Курмаз. – Харків : Підручник НТУ «ХП», 2010. – 532 с.
11. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. / В.Т. Павлище. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.
12. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Ю.С. Рудь. – 2-е вид., переробл. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.

13. Сапон С. П. Машинознавство. [Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка всіх форм навчання.] / С.П. Сапон. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – 63 с.

14. Сапон С.П. Машинознавство. [Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Машинознавство» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка всіх форм навчання.] / С.П. Сапон. – Чернігів: НУЧП, 2022. – 65с.

15. Сапон С.П. 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» всіх форм навчання.] / С.П. Сапон. – 2-ге вид., перероб. і доповн. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – 65с.

Додаток А Приклад оформлення індивідуального завдання

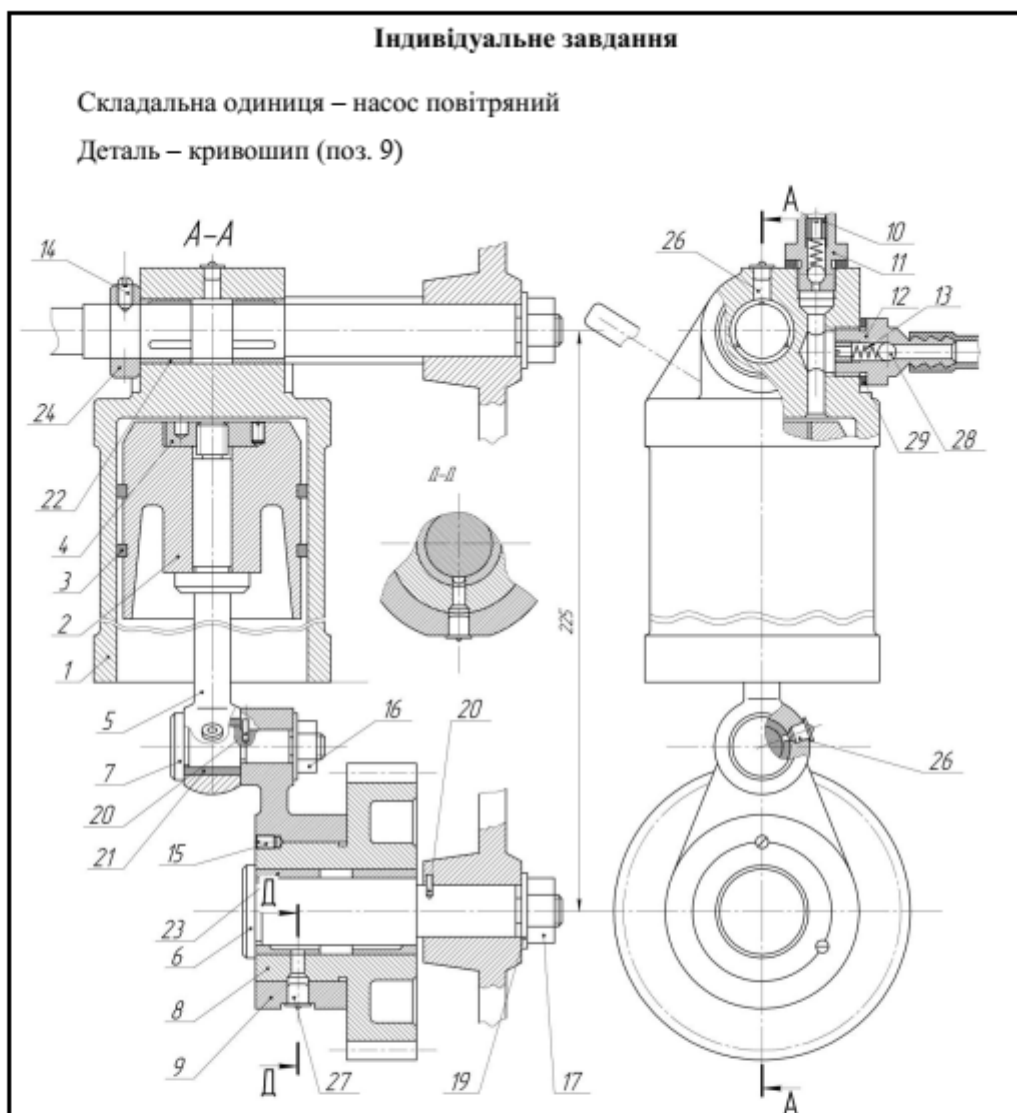


Рисунок – Насос повітряний

					РГРМаш ТМ 201.219.001		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Ленько А.М.				Літера	Аркуш	Аркушін
Перевірив	Сапон С.П.						
Н. контр.					Індивідуальне завдання		
Затвердж.							

Додаток Б Приклад оформлення титульного аркуша

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ	
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	
кафедра технологій машинобудування і деревообробки	
Розрахунково-графічна робота з дисципліни “Машинознавство”	
Виконав:	здобувач вищої освіти гр. ТМ-201 Петренко Б.В.
Перевірив:	к.т.н., доцент Сапон С.П.
ЧЕРНІГІВ 2022	