

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



МАШИНОЗНАВСТВО

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до курсового проєктування
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
спеціальності 131 – **Прикладна механіка**
всіх форм навчання

Затверджено на засіданні
кафедри технологій
машинобудування і
деревообробки
протокол №12 від 29.12.2023 р.

ЧЕРНІГІВ 2024

Машинознавство. Методичні вказівки до курсового проектування для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 131 – Прикладна механіка всіх форм навчання. – 2-ге вид., перероб. і доповн. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2024. – 66 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: ЗІНЬКО РОМАН ВОЛОДИМИРОВИЧ, доктор технічних наук, професор кафедри проектування машин та автомобільного інжинірингу Національного університету «Львівська політехніка»

© Сапон С.П., 2024

© НУ «Чернігівська політехніка»

Зміст

1	Загальні методичні рекомендації.....	4
1.1	Призначення курсового проєкту	4
1.2	Індивідуальне завдання та організація виконання 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 КП	12
2	Методичні рекомендації до виконання розділів курсового проєкту	15
2.1	Функціональне призначення складальної одиниці і деталі.....	15
2.1.1	Опис конструкції та роботи машини (механізму, агрегату, складальної одиниці)	15
2.1.2	Функціональне призначення машини, механізму, агрегату, складальної одиниці.....	18
2.1.3	Функціональне призначення деталі	24
2.1.4	Функції поверхонь деталі	26
2.2	Базування деталі в складальній одиниці.....	28
2.3	Аналіз норм точності.....	30
2.3.1	Аналіз норм точності складальної одиниці.....	30
2.3.2	Аналіз норм точності деталі	34
2.4	Розмірний аналіз	39
2.4.1	Визначення параметрів якості складальної одиниці	40
2.4.2	Виявлення складальних розмірних ланцюгів	43
2.4.3	Розрахунки складальних розмірних ланцюгів.....	47
2.5	Складання вузла (складальної одиниці).....	47
2.6	Силовий аналіз складальної одиниці.....	50
2.6.1	Визначення зусиль, які діють на деталь	51
2.6.2	САЕ–аналіз деталі.....	53
2.6.3	Рекомендації з удосконалення конструкції деталі	54
	Рекомендована література.....	56
	Додаток А Приклад оформлення індивідуального завдання.....	58
	Додаток Б Приклад оформлення титульних аркушів.....	60
	Додаток В Приклад оформлення відомості проєкту	62
	Додаток Г Приклад оформлення аркуша «Функціональний аналіз»	63
	Додаток Д Приклад оформлення аркуша «Розмірний аналіз»	64
	Додаток Е Приклад виконання аркушу «Складання вузла».....	65
	Додаток Ж Приклад виконання аркушу «САЕ – аналіз».....	66

1 Загальні методичні рекомендації

1.1 Призначення курсового проєкту

Курсовий проєкт (КП) призначений для закріплення теоретичних положень дисципліни «Машинознавство» і формування стійких практичних навичок виконання функціонального та силового аналізу, розробки креслеників, аналізу норм точності вузлів, механізмів та деталей машин різного функціонального призначення.

1.2 Індивідуальне завдання та організація виконання 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 даного КП можуть бути 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'ясувати 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 з 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, здобувач вищої освіти може додатково представити виконаний КП у вигляді мультимедійної презентації обсягом 10-15 слайдів, за яку також додатково нараховуються заохочувальні рейтингові бали.

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

2. Аналіз норм точності

2.1 Аналіз норм точності складальної одиниці

2.2 Аналіз норм точності деталі

3. Розмірний аналіз

3.1 Визначення параметрів якості складальної одиниці

3.2 Виявлення складальних розмірних ланцюгів

3.3 Розрахунки складальних розмірних ланцюгів

4. Складання вузла (складальної одиниці)

5. Силовий аналіз

5.1 Визначення зусиль, які діють на деталі

5.2 САЕ – аналіз деталей

5.3 Рекомендації з удосконалення конструкції деталі.

Перелік використаної літератури

Графічна частина курсового проєкту складається з наступних аркушів:

- кресленик складальної одиниці (формат А3-А1)
- кресленик деталі (формат А4-А2)
- аркуш «Функціональний аналіз» (формат А2-А1)
- аркуш «Розмірний аналіз» (формат А1)
- аркуш «Схема складання вузла» (формат А2-А1)

- аркуш «САЕ – аналіз» (формат А2-А1).

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

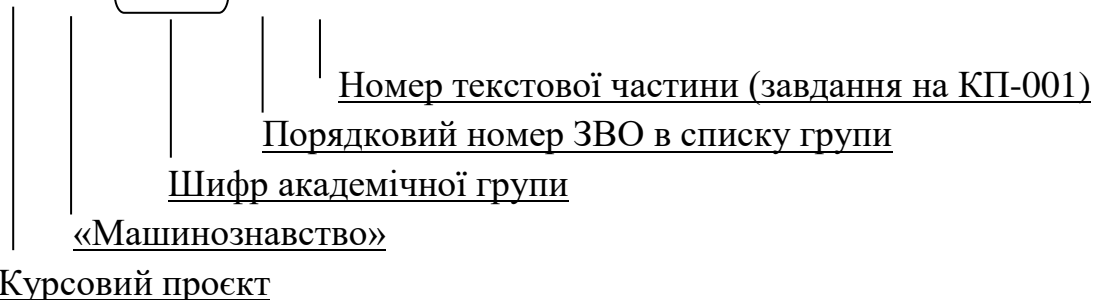
Для здобувачів вищої освіти, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Технології та устаткування зварювання» виконання розділу «Розмірний аналіз» не є обов'язковим. Цей розділ може бути виконаний за бажанням здобувача вищої освіти з отриманням додатково **25 балів**.

1.3.2 Вимоги до оформлення пояснювальної записки курсового проекту

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:

КПМашТМ201.027.003



Відразу після **титульного аркуша** (додаток Б) ПЗ розміщується індивідуальне завдання (додаток А) та **відомість проекту** (додаток В), 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 проекту. 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:

Відповідно до типу виробництва, характеристик матеріалу (його ливарних та пластичних властивостей), з врахуванням конструктивних особливостей і розмірів деталі за посібниками [1, 8] вибирають вид і метод отримання вихідної заготовки. Деякі керівні матеріали щодо вибору методу отримання вихідної заготовки наведено в [2, 5].

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.

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:

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

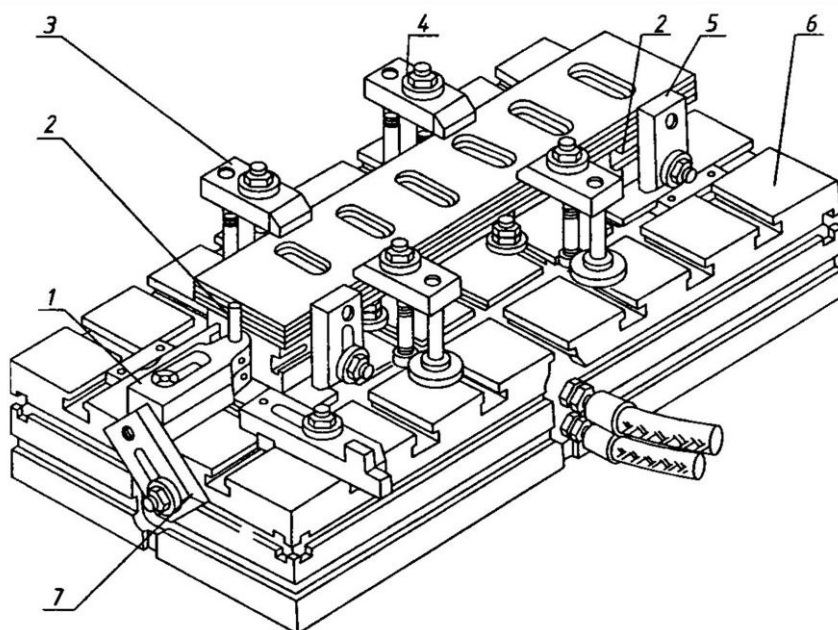
де K – квалітет точності розміру;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету точності;

n – загальна кількість розмірів.

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 УЗП для обробки назів 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.

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 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 основні літературні джерела рекомендовано оформлювати наступним чином:

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>

Методичні вказівки:

Сапон С. П. Машинознавство. [Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка всіх форм навчання.] / С. П. Сапон. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2023. – 43 с.

Патенти:

Патент України на корисну модель UA 153345 U, МПК В23Q 3/00. Затискний модуль / В. К. Фролов, В. О. Кучер, Є. С. Пуховський, С. П. Сапон, Ю. В. Яровий, Ю. О. Сивура, М. М. Гладський, К. С. Барандич. Заявка № u202204574; заявл. 05.12.22, опубл. 21.06.2023, Бюл. № 25/2023. 5 с.

Навчальні посібники, підручники, монографії:

Деталі машин. Розрахунок та конструювання: підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, О.І. Дубинець [та ін.]. – К.: «Талком», 2014. – 684 с.

Зінько Р.В. Морфологічне середовище для дослідження технічних систем: монографія [Текст] / Р.В.Зінько. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 386 с.

Федориненко Д.Ю. Шпindelьні гiдростатичні підшипники: монографія [Текст] / Д. Ю. Федориненко, С.П. Сапон – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 405 с.

Стаття в періодичному виданні

Солнцев О. Обладнання для гібридних технологій формоутворення виробів з полімерних матеріалів / Солнцев О., Сапон С. //Технічні науки та технології. – 2023. – № 3(33). – с. 9-22.

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;
- 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 креслениках 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 ЗВО 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 захаращений 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 КП

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

Для ЗВО, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Технології та устаткування зварювання» виконання розділу «Розмірний аналіз» не вимагається. Цей розділ може бути виконаний за бажанням здобувача вищої освіти з отриманням додатково **25 балів**.

Для підтвердження більш високого рівня знань та умінь (**більше 60 балів**) необхідно виконати курсовий проект 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**.

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

Таблиця 1.1 – Перелік видів додаткових завдань до КП

Вид додаткових робіт	Обсяг	Кількість балів
Функціональне призначення деталі	1 деталь	3
Функції поверхонь деталі	1 деталь	2
Базування деталі в складальній одиниці	1 деталь	3
Аналіз норм точності деталі	ілюстрація і описання додатково однієї норми точності	5
Виявлення складального розмірного ланцюга	1 ланцюг	5
Розрахунок складального розмірного ланцюга двома методами	1 ланцюг	10
САЕ – аналіз деталі	1 деталь	3
Кресленик деталі	1 деталь	7

За бажанням, здобувач вищої освіти може додатково представити КП у вигляді мультимедійної презентації обсягом 5-15 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 здобувач вищої освіти 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 додаткових індивідуальних завдань ЗВО може тільки з власної волі з відповідним зниженням кількості підсумкових балів.

Виконаний без помилок та оформлений відповідно до вимог даних методичних вказівок КП повинен бути зданий в останній робочий день перед початком 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 1.2

Таблиця 1.2 – Значення коефіцієнта своєчасності K_{CB}

Період протягом якого виконано і захищено курсовий проект	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 проекту, здобувачу вищої освіти оголошується догана, видається нове завдання та призначається новий термін виконання і захисту КП.

2 Методичні рекомендації до виконання розділів курсового проєкту

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

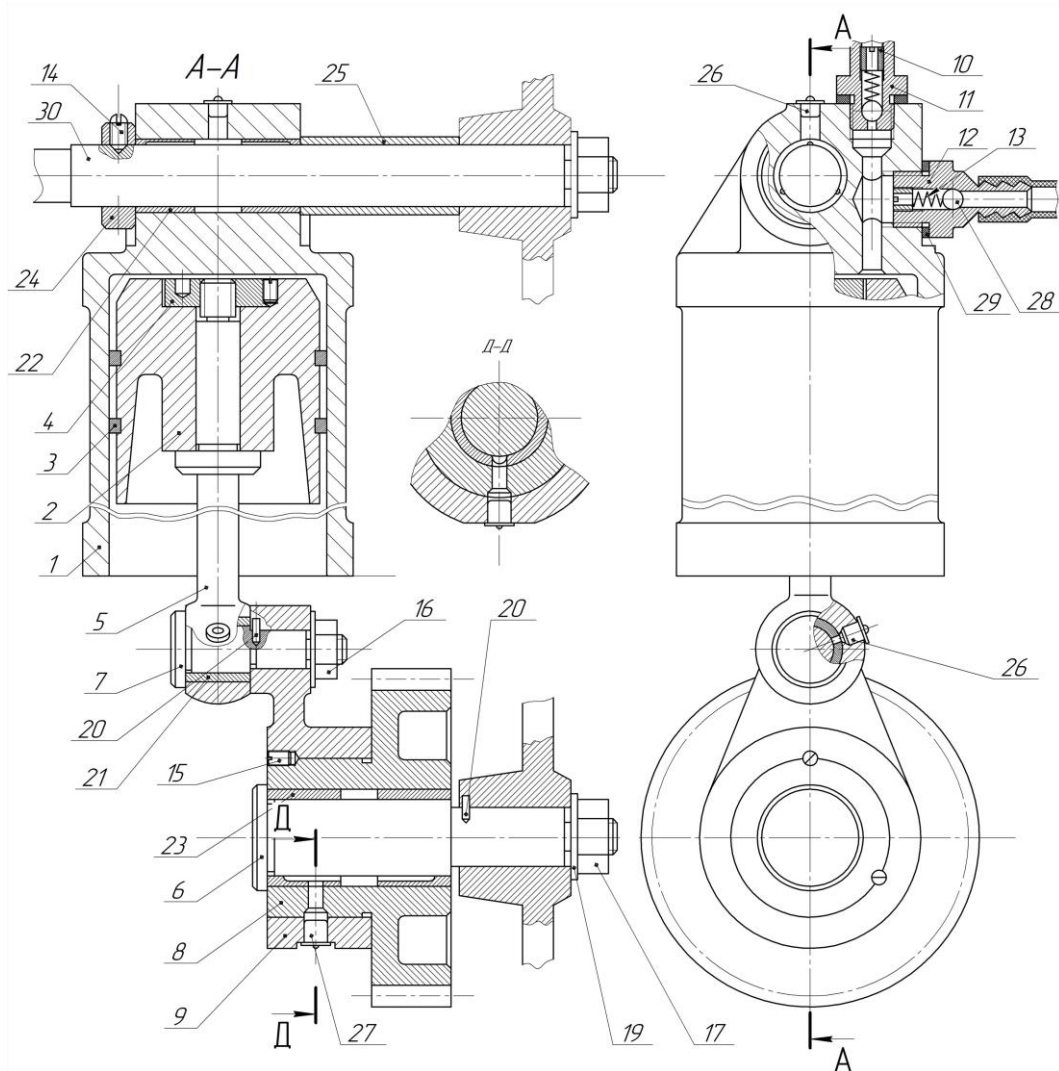
Текст описання конструкції і роботи машини слід формулювати таким чином, щоб в ньому було посилання на конкретні деталі і вузли машини у вигляді посилань на відповідні позиції рисунка, що ілюструє конструкцію машини (механізму, агрегату, складальної одиниці). Описання будь-якої конструкції без її ілюстрації 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 циліндричні 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 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 2.1 – 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 повертанню, 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:

<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 ± 5хв⁻¹</i>
<i>Ресурс роботи до відмови не менше 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 функцій, 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 службове (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:

Φ_{D1} – забезпечувати фіксацію лінз на обличчі

Φ_{D2} – забезпечувати відповідний естетичний рівень,

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

$\Phi_{ДЗ}$ – забезпечувати довговічність тощо.

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

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 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 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) тощо.

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 відрізнятися - 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 $400 \pm 5 \text{ хв}^{-1}$.

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 [3]

Тип деталі	Функції: основна (Φ_o), допоміжна (Φ_d)	
Корпус	Φ_o	Забезпечення сталої точності відносного розташування деталей і механізмів у статичному стані, так і в процесі експлуатації машини.
	Φ_{d1}	Створення замкнутого простору
	Φ_{d2}	Забезпечення плавності роботи деталей і механізмів
	Φ_{d3}	Гасіння вібрацій
Вал, шпindelь	Φ_o	Передача зусилля обертання з переносом вздовж вісі
	Φ_{d1}	Орієнтування деталей в складальній одиниці
	Φ_{d2}	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
	Φ_{d1}	Зменшення (збільшення) кількості обертів
Важіль	Φ_o	Передача зусилля сполученим деталям
	Φ_{d1}	Переміщення деталей із заданою швидкістю
	Φ_{d2}	Фіксація положення деталей
Шпонка, штифт	Φ_o	Запобігання прокручуванню
Колінчастий вал	Φ_o	Перетворення поступального руху в обертовий або навпаки
	Φ_d	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.

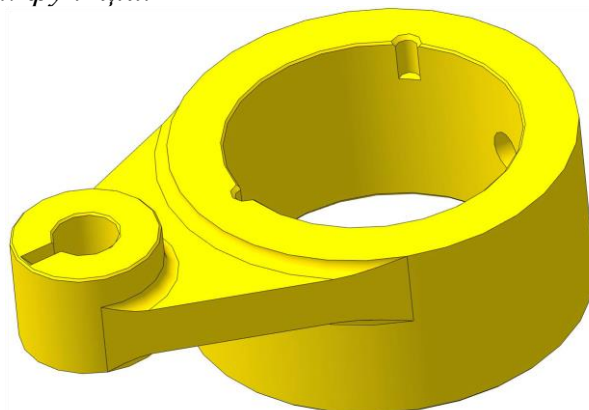


Рисунок 2.2 – Тривимірна модель кривошипа

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 $20^0 \pm 10^0$ С. Інтервал допустимої температури експлуатації кривошипа $-20^0 \dots + 40^0$ С. Відносна вологість повітря $75 \pm 10\%$

В даному підрозділі КП необхідно навести функціональне призначення однієї деталі.

За бажанням, з метою отримання додаткових балів можна виконати функціональне призначення ще додатково двох деталей. За кожне додатково розроблене функціональне призначення деталі здобувач вищої освіти може отримати **3 бали**. Кількість деталей, для яких розробляється функціональне призначення в курсовому проекті не може перевищувати трьох.

2.1.4 Функції поверхонь деталі

На кожену деталь у машині покладається виконання певних функцій, що походять з основних і допоміжних функцій машини. В сукупності ці функції повинні відобразитись 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.

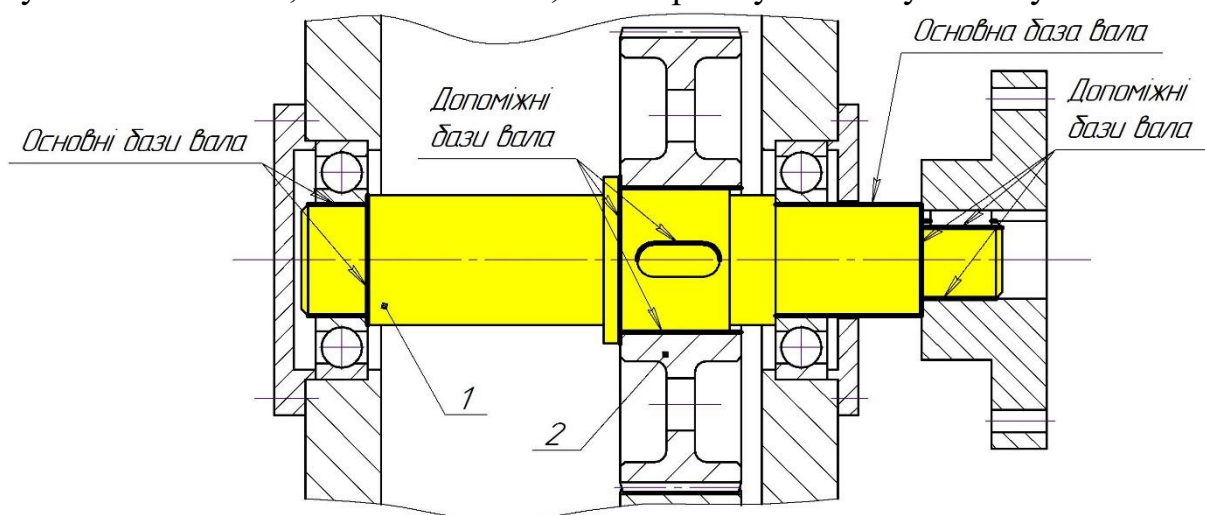


Рисунок 2.3 – До визначення основних і допоміжних баз вала

Розуміння функцій поверхонь деталі та вміння їх визначати є основою для обґрунтованого призначення допусків розмірів, шорсткості, норм точності форми та відносного розташування поверхонь деталі.

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

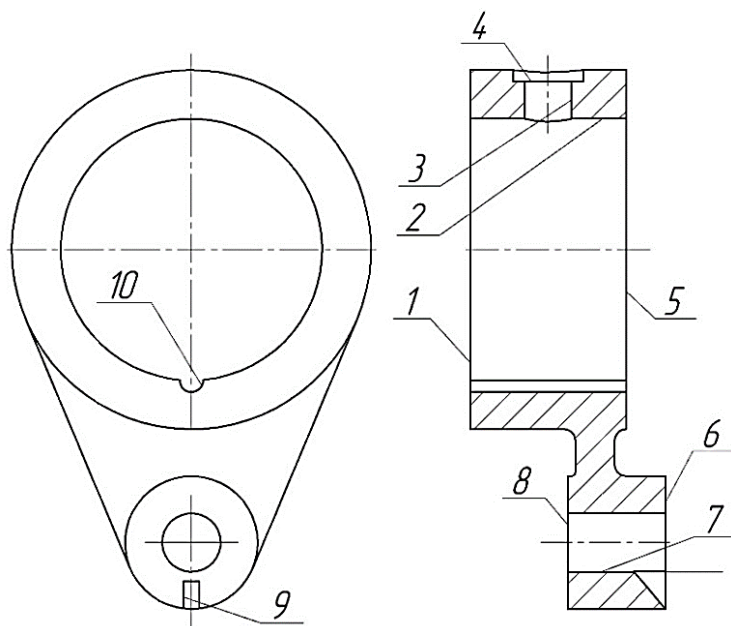


Рисунок 2.4 – До визначення функцій поверхонь кривошипа

Таблиця 2.2 – Види та функції поверхонь кривошипа

Функції кривошипа	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. За визначення функцій поверхонь кожної додаткової деталі здобувач вищої освіти може отримати **2 бали**. Кількість деталей, для яких можна визначити функції поверхонь не може перевищувати трьох.

Приклад оформлення аркуша «Функціональний аналіз» наведено в додатку Г.

2.2 Базування деталі в складальній одиниці

Виконання даного підрозділу КП 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);

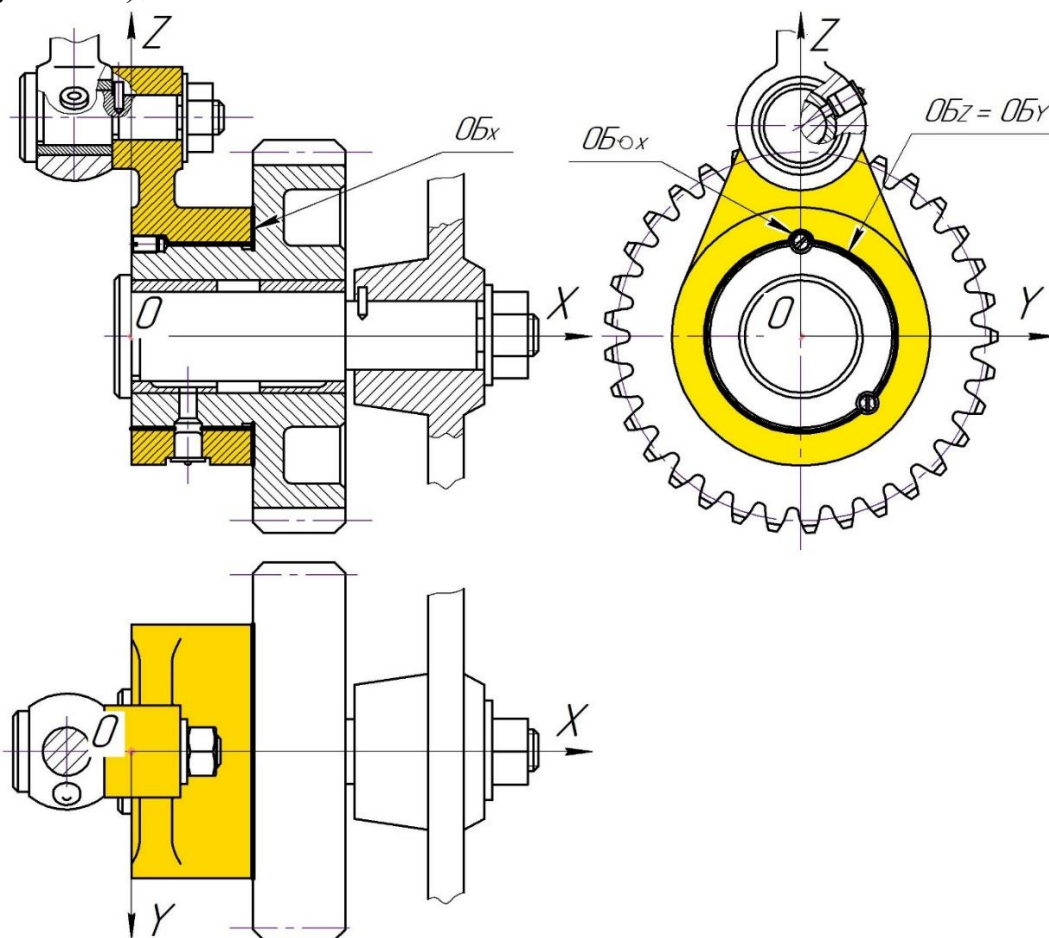


Рисунок 2.5 – Приклад фрагменту повітряного-насосу з позначенням основних баз кривошипа

- 4) виконати окремо ескіз деталі, на якому потовщеними лініями виділити основні бази, позначити цифрами основні і допоміжні бази деталі;
- 5) визначити геометричний тип (площина, циліндр, конус тощо) та площу основних баз деталі;
- 6) визначити кількість опорних точок на кожній з основних баз деталі;
- 7) використовуючи рекомендації посібників [1, 2] та інших доступних літературних джерел з основ технології машинобудування нанести на ескіз деталі умовні позначення опорних точок (рисунок 2.6);

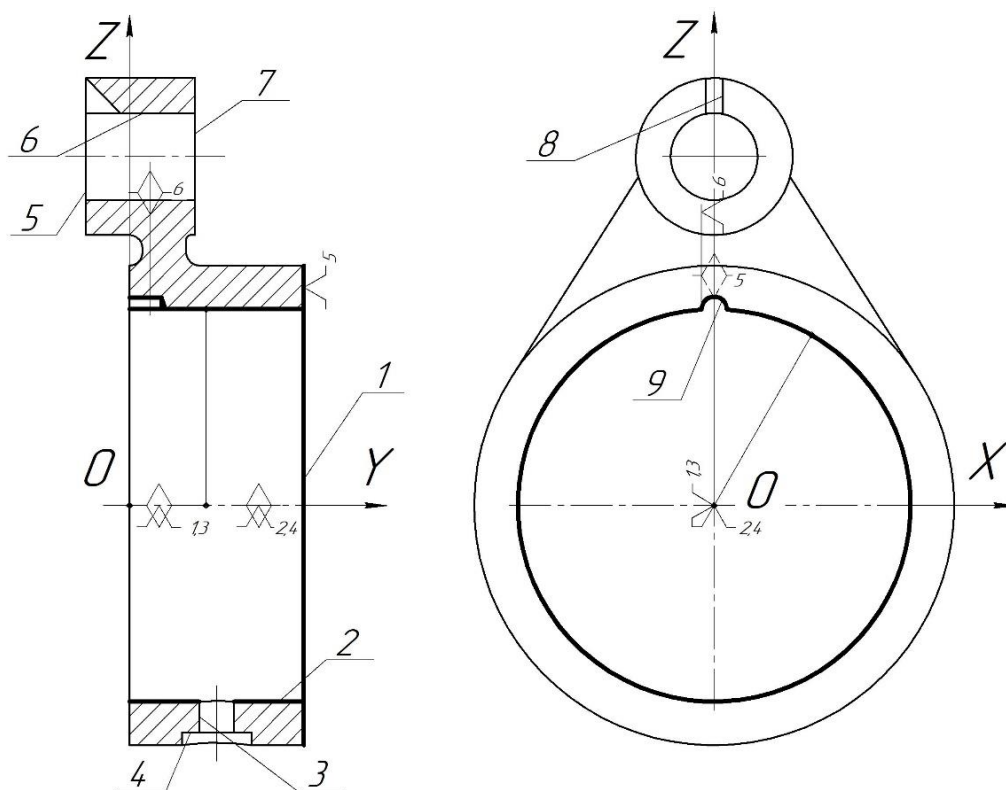


Рисунок 2.6 – Приклад схеми базування кривошипа в складальній одиниці

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

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 прихована 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

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

Правила простановки умовних позначень опорних точок на основних базах деталей наведено в посібниках [1, 2] та інших літературних джерелах з основ технології машинобудування.

2.3 Аналіз норм точності

Виходячи з функціонального призначення складальної одиниці та деталі, в даному розділі КП 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 формулюють їх норми точності та ТУ з необхідними кількісними показниками. Кількісні показники визначають, використовуючи відповідні стандарти і літературу, наприклад [6, 7, 16 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 КП 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;
- точність форми виконавчих поверхонь;
- норми точності відносного розташування (паралельність, перпендикулярність, співвісність, радіальне та торцеве биття) виконавчих поверхонь (осей поверхонь);
- точність розташування виконавчих поверхонь (осей поверхонь), що визначається лінійними або кутовими розмірами;

- точність обертання або переміщення деталей;
- легкість, плавність обертання або переміщення деталей
- зазори, що гарантують рухомість та теплове розширення деталей;
- вимоги до шорсткості виконавчих поверхонь;
- особливі вимоги до якості та фізико-механічних характеристик (твердість, напрям мікронерівностей тощо) поверхневого шару виконавчих поверхонь;
- 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.

Додатково, перед або відразу після рисунку, 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 певних норм точності.

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 2.8), 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 $\text{Ø}62 \frac{H7}{h6}$ мм зовнішніх поверхонь кожного з кілець в отвір поршня;
- точністю форми та розміру, шорсткістю отвору $\text{Ø}62H7$ мм в циліндрі ;
- точністю форми та розмірів, шорсткістю зовнішніх поверхонь $\text{Ø}62h7$ 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 перекошування осей зовнішніх поверхонь поршневих кілець та отвору циліндра (рисунок 2.9). Ця ситуація може зумовити нещільне їх прилягання до отвору $\text{Ø}62H7$ мм в циліндрі внаслідок чого може виникнути

зазор. Це неприпустимо відповідно до функціонального призначення повітряного насоса.

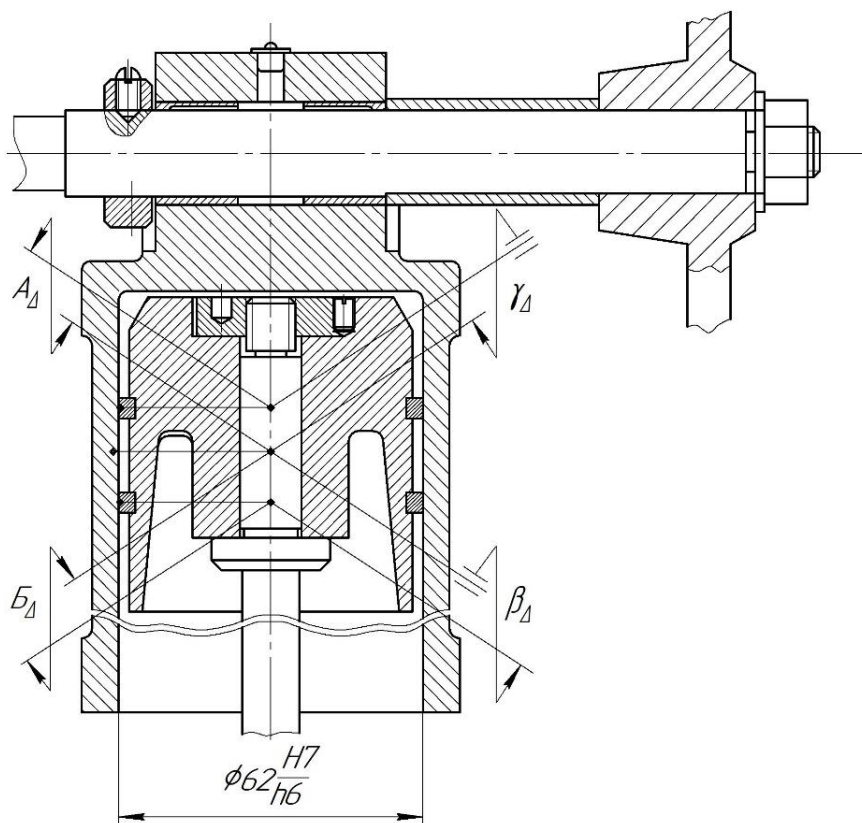


Рисунок 2.8 – Фрагмент ескіза повітряного насоса з позначенням норм точності, що забезпечують плавність ходу поршня, без заїдань і заклинювання

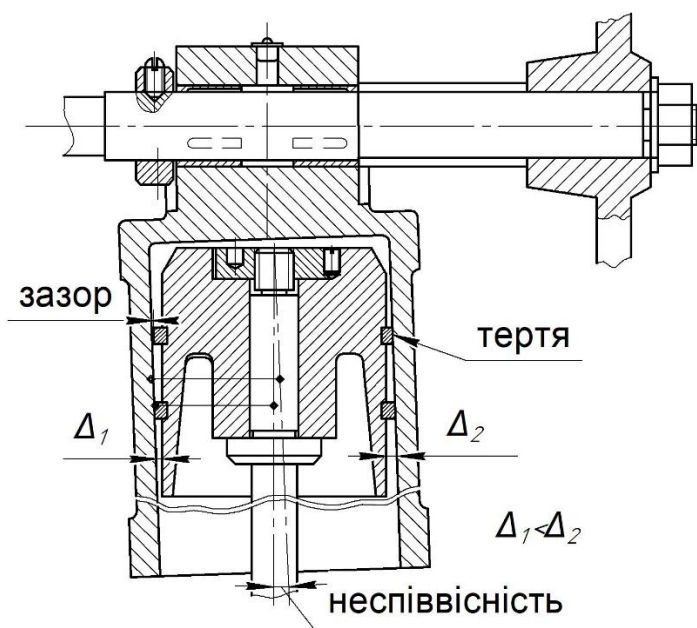


Рисунок 2.9 – Ілюстрація ситуації, що виникне при недотриманні паралельності γ_{Δ} та β_{Δ} осей отвору циліндра та зовнішніх поверхонь поршневих кілець

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

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 курсовому проекті за наведеною методикою аналогічними 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 кресленнику. Недотримання норм точності відносного розташування виконавчих поверхонь деталей безпосередньо впливає на можливість виконання складальною одиницею своїх функцій.

В курсовому проекті 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 опису конструкції і роботи складальної одиниці, функціонального призначення деталі та її поверхонь).

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

3) На окремому ескізі **позначити** цифрами **основні, допоміжні бази та виконавчі поверхні деталі** (див. рисунок 2.4). На ескіз **нанести тільки ті** розміри та норми точності відносного розташування (при потребі), які характеризують розміри та визначають точність відносного розташування виконавчих поверхонь, основних і допоміжних баз деталі. Наприклад, для отворів потрібно вказати діаметр, глибину(якщо отвір не наскрізний) та розміри, що визначають точність розташування отвору(ів). На даному етапі

достатньо навести номінальні значення розмірів, без допусків. Норми точності відносного розташування позначають малими літерами грецького алфавіту (крім α , δ , ζ , ξ , λ , π , σ , ω) у вигляді розмірних зв'язків або традиційно – умовними позначеннями за ДСТУ ГОСТ 2.308:2013. Значення величини допусків вказують орієнтовні. При потребі для деяких поверхонь деталі додають допуски форми (орієнтовні значення) і також позначають на ескізі умовними позначеннями за ДСТУ ГОСТ 2.308:2013. Приклад виконання даного етапу наведено на рисунку 2.10.

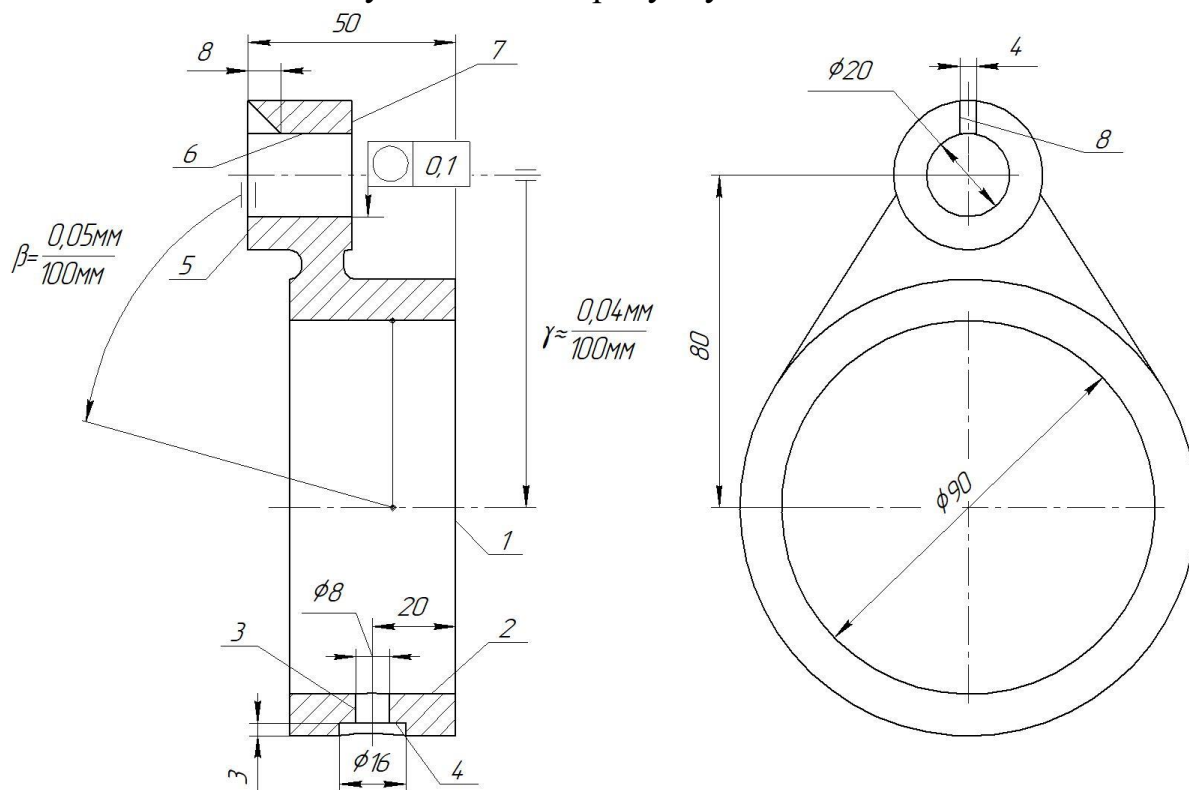


Рисунок 2.10 – Ескіз кривошипа з основними нормами точності

4) **Чітко сформулювати норми точності та технічні вимоги, які необхідно витримати при виготовленні деталі.** Особливу увагу слід приділити нормам точності деталі, які безпосередньо впливають на забезпечення параметрів якості складальної одиниці, встановлених в попередньому пункті КП. При формулюванні норм точності зазвичай конкретизуються параметри точності розташування (точність розмірів, відносних поворотів) основних, допоміжних баз і 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.

Наприклад:

Відповідно до функціонального призначення кривошипа, при його виготовленні необхідно витримати такі основні норми точності (див. рисунок 2.10):

- 1) точність розміру отвору $\varnothing 90$ мм (поз. 2);*
- 2) точність розміру отвору $\varnothing 20$ мм (поз. 5), допуск круглості 0,1 мм;*
- 3) точність міжосьової відстані $\varnothing 80$ мм між отворами $\varnothing 20$ мм та $\varnothing 90$ мм;*
- 4) паралельність отвору $\varnothing 20$ мм відносно отвору $\varnothing 90$ мм в межах допуску 0,04мм/100мм;.*
- 5) точність розміру 50 мм між торцем (поз.1) і допоміжною базою кривошипа (поз.5);*
- 6) перпендикулярність торцевої поверхні кривошипа (поз.5) до отвору $\varnothing 90$ мм в межах допуску 0,05 мм/100мм;*
- 7) точність розміру отвору $\varnothing 8$ мм (поз.3), для встановлення маслянки, точність розташування отвору, що визначається розміром 20мм від основної бази кривошипа (поз.1);*
- 8) точність розміру поглиблення $\varnothing 16$ мм (поз. 4), для встановлення маслянки, точність розміру 3 мм, що визначає глибину поглиблення;*
- 9) точність розміру 4 мм, що визначає ширину паза (поз. 8) для штифта, точність розміру 8 мм, що визначає заглиблення цього паза.*

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

Аналізувати норми точності деталі рекомендується в нижченаведеній послідовності, починаючи з основних, потім допоміжних баз, виконавчих поверхонь і т.д.:

а) визначити вплив відхилень геометричної форми, розмірів та відносного розташування основних баз деталі на виконання функціонального призначення;

б) визначити вплив відхилень геометричної форми, розмірів та відносного розташування допоміжних баз деталі на виконання функціонального призначення;

в) визначити вплив точності взаємного розташування основних і допоміжних баз деталі на виконання функціонального призначення;

г) визначити вплив відхилень геометричної форми, розмірів та відносного розташування інших виконавчих поверхонь деталі на виконання функціонального призначення;

д) визначити вплив відхилень геометричної форми, розмірів, відносного розташування та взагалі наявності допоміжних поверхонь деталі (фасок, канавок, радіусів скруглень тощо) на виконання функціонального призначення;

е) визначити вплив шорсткості виконавчих поверхонь деталі на виконання функціонального призначення.

Бажано, але не обов'язково аналізувати деталь за всіма нормами точності. Кількість проаналізованих норм точності залежить від підсумкової оцінки, на яку претендує ЗВО за виконання курсового проекту. В КП для отримання мінімальної позитивної оцінки «задовільно» необхідно проілюструвати і проаналізувати **вплив недотримання мінімум 3-х норм точності** деталі на вибір ЗВО. Кількість білів, які можна отримати за додатково проаналізовані норми точності деталі наведена в таблиці 1.1.

Вплив недотримання норм точності розташування виконавчих поверхонь деталі на виконання деталлю та складальною одиницею своїх функцій необхідно показати графічною ілюстрацією ситуацій, які при цьому виникнуть. На графічних ілюстраціях похибки вказують значно збільшеними, що дозволяє чіткіше показати їх вплив.

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.

Перед або відразу після рисунка необхідно навести текстове пояснення, що відбудеться при недотриманні тієї чи іншої норми точності деталі. Бажано вказати на які саме функції деталі та(або) СО вплине недотримання певних норм точності. Наприклад:

Недотримання точності розміру 80 мм, що визначає міжосьову відстань між отворами $\varnothing 20\text{мм}$ і $\varnothing 90\text{мм}$ призведе до зміщення осей цих отворів, що вплине на величину робочого ходу поршня. При зменшенні розміру $A < 80\text{ мм}$ зменшиться робочий хід поршня і не повністю буде використовуватись об'єм порожнини циліндра (рисунок 2.11, а) При збільшенні названого розміру виникне ситуація. Коли зникне зазор B_{Δ} і поршень не буде проходити “мертву” точку, ударяючись в дно циліндра (рисунок 2.11, б), що унеможливить роботу повітряного насоса.

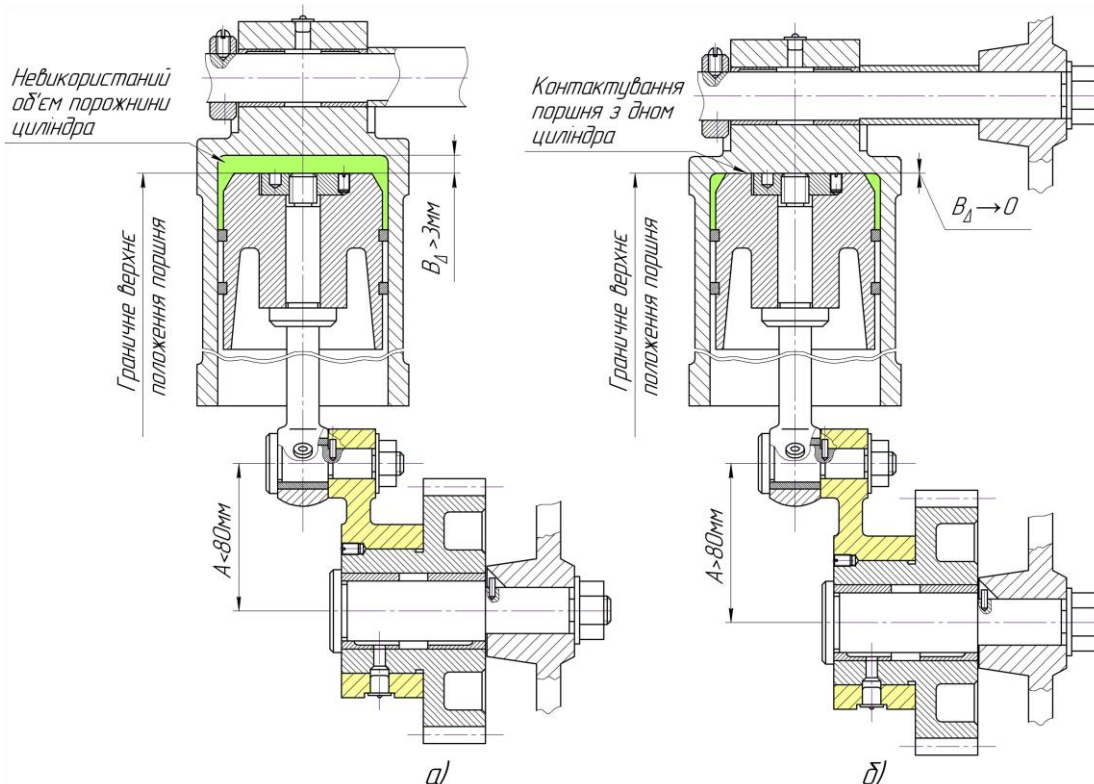


Рисунок 2.11 – Вплив недотримання точності міжосьової відстані $A=80\text{ мм}$ на величину робочого ходу поршня

Кінцевим результатом виконання даного підрозділу є виконаний в першому наближенні **кресленик деталі**. Тому для завершення розробки кресленика деталі в першому наближенні потрібно:

- виконати необхідну кількість видів та проєкцій для повного і чіткого уявлення про форму та конструктивні особливості деталі;
- перевірити наявність розмірів, що визначають форму, розміри та положення виконавчих поверхонь, основних і допоміжних баз деталі, у випадку відсутності потрібних розмірів – нанести їх на кресленик;

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

- при можливості і наявності необхідної інформації проставити допуски розмірів, що визначають форму, розміри та положення основних і допоміжних баз деталі, її виконавчих поверхонь залежно від їх функціонального призначення;
- перевірити наявність необхідних норм точності, що визначають форму та відносне розташування виконавчих поверхонь, основних і допоміжних баз деталі, у випадку відсутності потрібних норм точності – нанести їх на кресленик;
- нанести шорсткість основних та допоміжних баз деталі та виконавчих поверхонь залежно від їх функціонального призначення;
- нанести їх на кресленик розміри, що визначають форму, розміри та положення вільних поверхонь деталі, вказати шорсткість цих поверхонь;
- нанести їх на кресленик розміри, що визначають форму, розміри та положення допоміжних конструктивних елементів деталі (канавки, фаски, радіуси скруглень), що забезпечують її технологічність при виготовленні, складанні та експлуатації;
- перевірити наявність на кресленику габаритних розмірів деталі, у випадку їх відсутності – нанести їх на кресленик;
- сформулювати технічні умови до деталі.

Остаточно завершити розробку кресленика деталі можна після виконання розмірного аналізу, за результатами якого визначають або уточнюють допуски розмірів та норм точності відносного розташування виконавчих поверхонь, основних і допоміжних баз деталі. В даному курсовому проєкті зазвичай остаточно вигляду кресленик деталі набуває після САЕ-аналізу. Але і цей варіант кресленика деталі може вважатися не остаточно завершеним, оскільки в подальшому, під час розробки технології виготовлення деталі в її кресленик можуть також вноситися зміни.

2.4 Розмірний аналіз

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 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.

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

- 1) вивчити взаємозв'язки деталей складальної одиниці (на підставі конструкції і опису принципу 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;
- 4) залежно від сформульованих задач виявляють замикаючу ланку кожного розмірного ланцюга, її номінальний розмір та допуск;
- 5) виконати конструктивну схему СО та вказати на ній всі параметри точності, які є замикаючими ланками певних розмірних ланцюгів;
- 6) показати з графічною ілюстрацією вплив недотримання кожного з параметрів точності на виконання СО своїх функцій відповідно до функціонального призначення;
- 7) виявити складальні розмірні ланцюги;
- 8) виконати розрахунок розмірних ланцюгів;
- 9) виконати ескізи всіх деталей, які беруть участь своїми розмірами (параметрами точності) у розмірних ланцюгах, які розраховувались.

2.4.1 Визначення параметрів якості складальної одиниці

Визначення параметрів якості складальної одиниці починається з ґрунтовного вивчення взаємозв'язків деталей складальної одиниці. З цією

метою в 1-му розділі КП розробляється опис конструкції та роботи складальної одиниці.

В підрозділі «Аналіз норм точності складальної одиниці», виходячи з функціонального призначення СО визначено експлуатаційні параметри якості, які необхідно витримати при її виготовленні. Також там же формулюються всі **норми** або параметри **точності**, які забезпечують дотримання експлуатаційних параметрів якості СО.

В даному розділі необхідно фактично продублювати експлуатаційні параметри якості та норми точності, які їх забезпечують. Проте для розмірного аналізу конструкції СО в даному розділі потрібно навести тільки норми точності, які визначають взаємне розташування виконавчих поверхонь деталей СО.

Далі потрібно чітко сформулювати конструкторсько-технологічні задачі, які необхідно розв'язати для забезпечення кожного з важливих експлуатаційних 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.

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:

- а) 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

Підсумком формулювання конструкторсько-технологічних задач є визначення замикаючих ланок розмірних ланцюгів, їх номінальні розміри та допуски.

Заключним етапом виконання даного підрозділу КП є зображення конструктивної схеми (ескіз) СО. На конструктивній схемі (ескізі) вказуються всі виявлені норми точності розташування виконавчих поверхонь деталей СО, які є замикаючими ланками певних розмірних ланцюгів (рисунок 2.12).

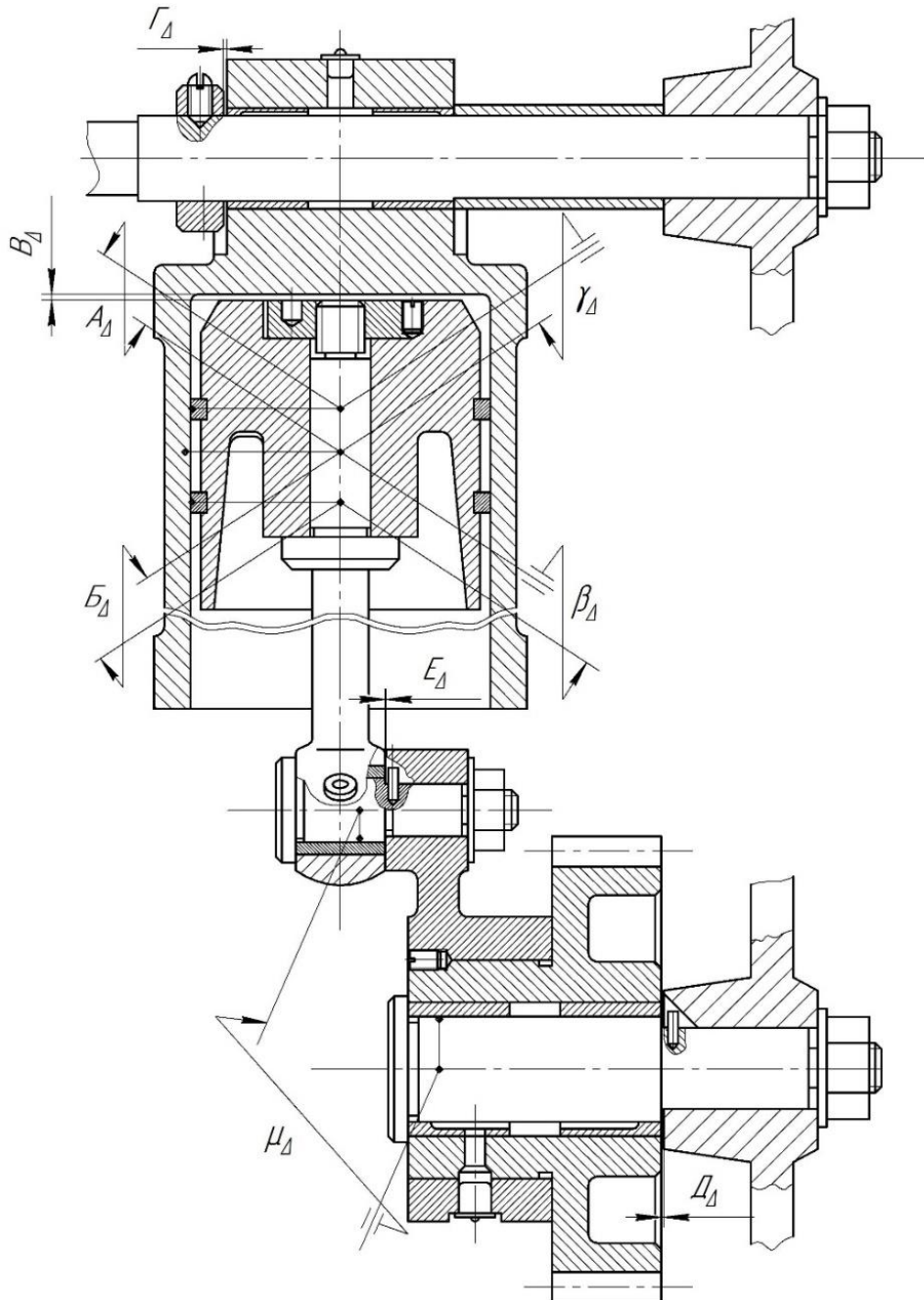


Рисунок 2.12 – Приклад відображення КС повітряного насоса з основними нормами точності розташування виконавчих поверхонь

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

відносно 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.

2.4.2 Виявлення складальних розмірних ланцюгів

Ключовою умовою правильного виявлення складального розмірного ланцюга є чітке формулювання і розуміння конструкторсько-технологічної задачі, яка вирішується розмірним ланцюгом.

Слід пам'ятати, що **кожний розмірний ланцюг дає розв'язок лише однієї конструкторсько-технологічної задачі.**

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 складових ланок розмірного ланцюга наступний:

Для знаходження складових ланок розмірного ланцюга слід йти від поверхонь (осей поверхонь) деталей, що утворюють замикаючу ланку, до основних баз цих деталей, які визначають їх положення в напрямку параметру точності (замикаючої ланки).

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

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

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

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

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

В кутових складальних розмірних ланцюгах, що визначають точність відносних поворотів (паралельності, перпендикулярності тощо) виконавчих поверхонь деталей складальної одиниці, при виявленні складових ланок розмірного ланцюга приймають ту основну базу, яка позбавляє деталь більшого числа ступенів волі незалежно від напрямку, в якому визначається параметр точності, що формує замикаючу ланку розмірного ланцюга.

Виявлений складальний розмірний ланцюг необхідно нанести на конструктивну схему (проекцію, вид) складальної одиниці (рисунок 2.13).

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.

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

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

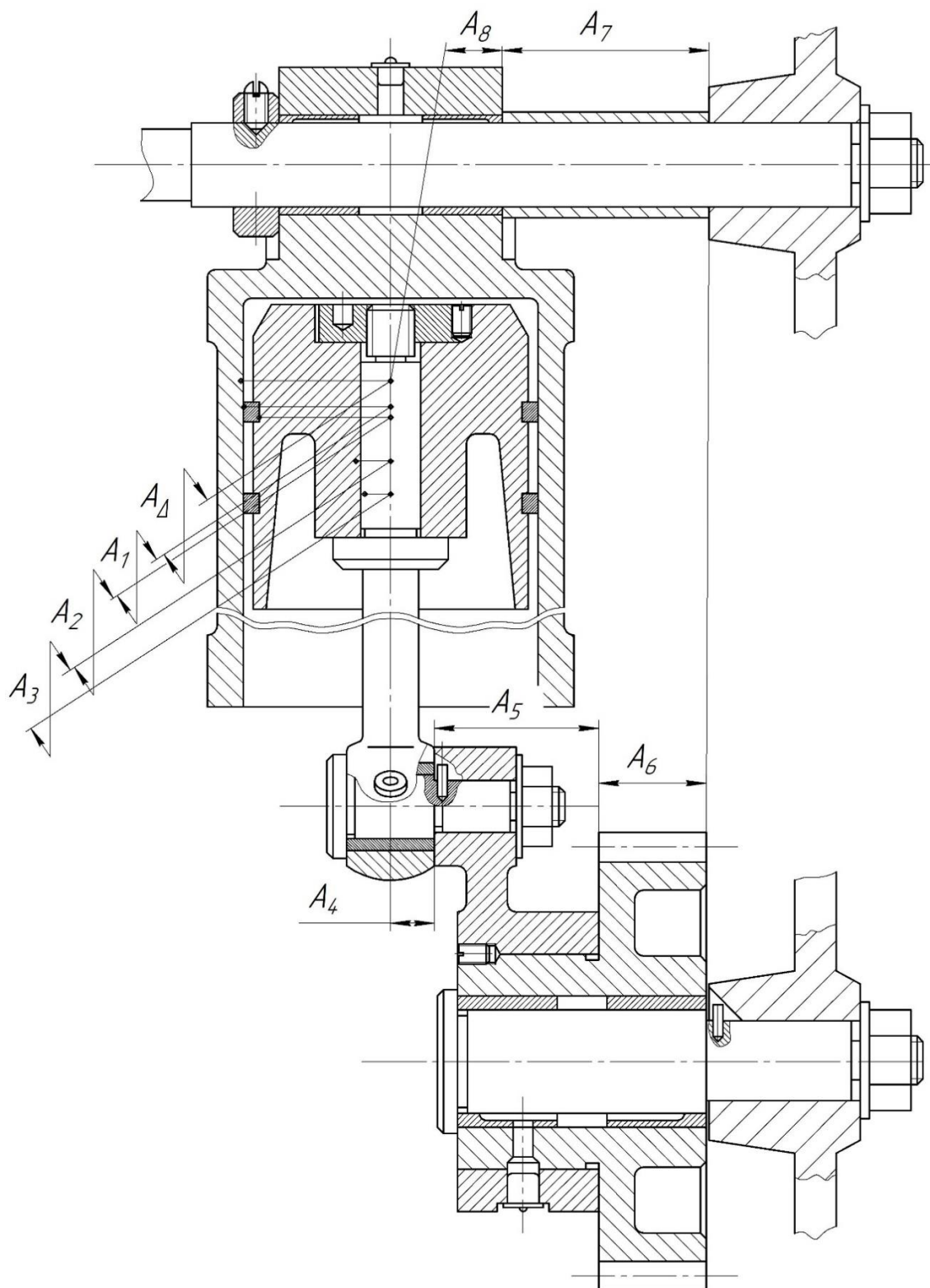


Рисунок 2.13 – Конструктивна схема повітряного насоса з розмірним ланцюгом, що визначає співвідношення A_1 між отвором циліндра та зовнішньою поверхнею поршневого кільця 3

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 $\varnothing 20H8\text{мм}$ та зовнішньої поверхні $\varnothing 25r6\text{мм}$ втулки 3.

Ланка A_7 – міжосьова відстань отворів у корпусі.

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

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

В цьому ж підрозділі потрібно 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 2.14).

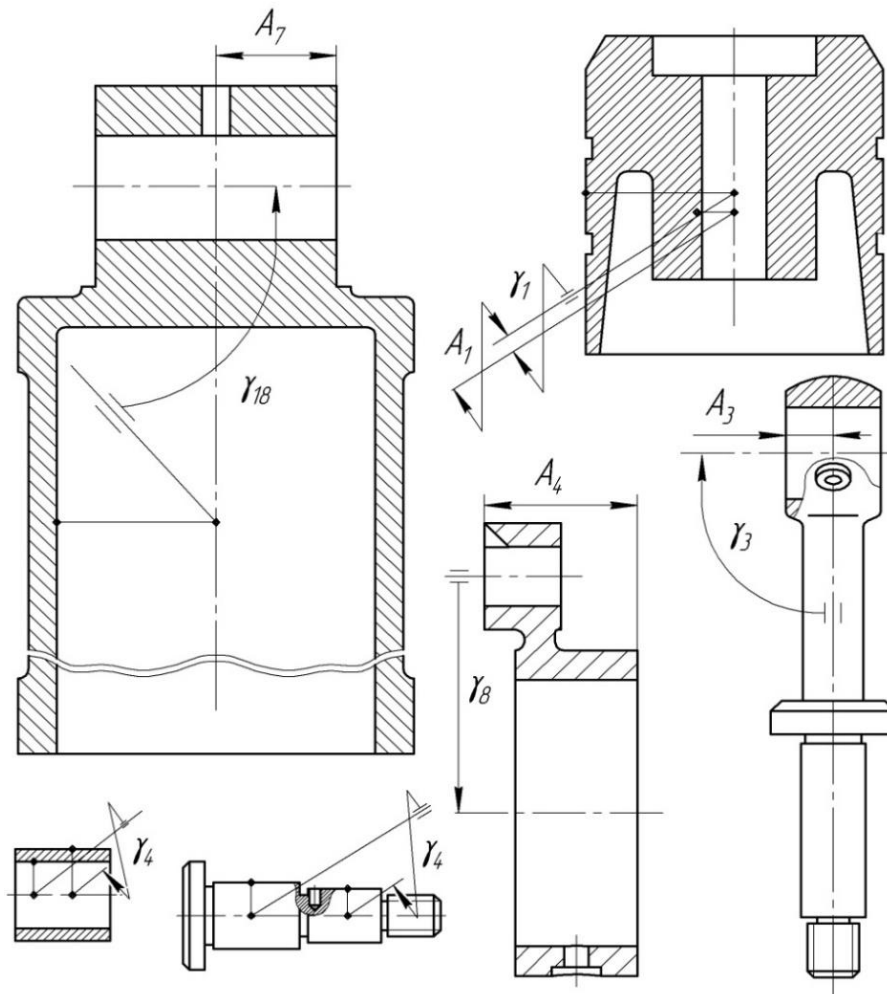


Рисунок 2.14 – Ескізи деталей, які беруть участь своїми розмірами у розмірному ланцюгу, що визначає...

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

2.4.3 Розрахунки складальних 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 двома методами.

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 складальних розмірних ланцюгів детально наведено в посібниках [1, 5].

Приклад виконання аркушу «Розмірний аналіз» наведено в додатку Д.

2.5 Складання вузла (складальної одиниці)

Складання є заключним етапом виготовлення будь-якої машини. Висока якість машини та можливість виконувати своє функціональне призначення визначається не тільки вдалою конструкцією, застосуванням високоякісних матеріалів, виготовленням деталей високої якості і точності, але залежить ще від правильного проведення всіх етапів складання.

Послідовність складання визначається конструкцією складальної одиниці, компонуванням деталей і методами досягнення потрібної точності (повної, неповної, групової взаємозамінності, припасування чи регулювання).

Для наочного уявлення структури та послідовності процесу складання розробляється технологічна схема складання, яка являє собою умовне графічне зображення послідовності входження деталей і складальних одиниць у складальну одиницю із зазначенням контрольних і додаткових операцій, виконуваних при складанні.

Кожний елемент виробу зображується на технологічній схемі складання прямокутником (розміром 20 x 50 мм), розділеним на три частини. У верхній частині (12 x 50 мм) наводиться найменування цього елемента, в лівій нижній частині (8 x 40 мм) – номер цього елемента відповідно до специфікації, а в правій нижній – кількість елементів, що входять в складальну одиницю (рисунок 2.15).

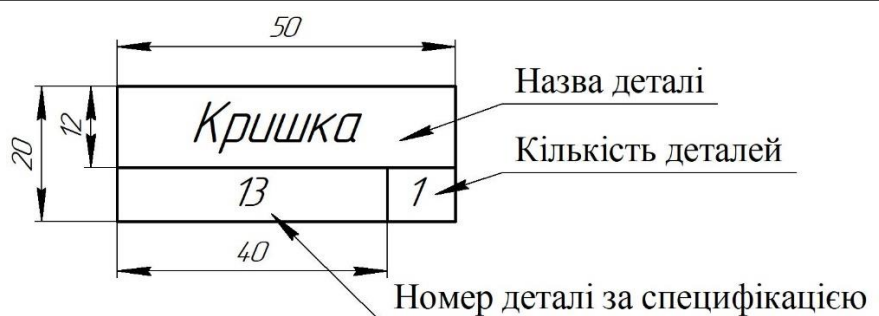


Рисунок 2.15 – Приклад умовного відображення деталі (складальної одиниці) на схемі складання

Технологічна схема складання будується так, щоб складальні одиниці і деталі були подані на ній в порядку їх приєднання при складанні. Так як процес складання починається із введення в нього основної (базової) деталі, чи складальної одиниці, то і технологічна схема починається з умовного зображення цих складових частин виробу (рисунок 2.16).

Процес загального складання зображають на схемі горизонтальною лінією, проведеною від базової деталі або складальної одиниці в напрямку до готового складеного виробу. Над горизонтальною лінією розташовують в порядку послідовності складання умовні позначення деталей, які безпосередньо входять до виробу і подаються на складання по-штучно, не в зборі або розсіпом, наприклад кріпильні деталі (болти, гвинти, гайки, шайби тощо). Знизу горизонтальної лінії складання розташовують всі складальні одиниці, які безпосередньо входять до виробу.

На технологічній схемі ці складові частини поділяються на складальні одиниці вищих порядків, а при їх відсутності тільки на деталі.

Складальні одиниці виробу позначаються літерами «СО». Індекс складальної одиниці першого порядку входження позначають «СО1», індекс складальної одиниці другого порядку – «СО2» і т.д.

Вироби, що є продукцією суміжних підприємств (підшипники, сальники, манометри і т. п.) поставляють у складеному вигляді, тому їх зображають на технологічній схемі складання як окремі складальні одиниці без розділення на окремі деталі. Розміщують їх на схемі складання над лінією, там де розміщують окремі деталі або кріпильні вироби.

При необхідності технологічні схеми складання супроводжуються технологічними примітками, які пояснюють характер складальних з'єднань і виконуваний при складанні контроль, якщо це незрозуміло зі схеми. Наприклад, «напресувати», «приварити», «вивірити», «виставити», «контролювати зазор» і т.п.

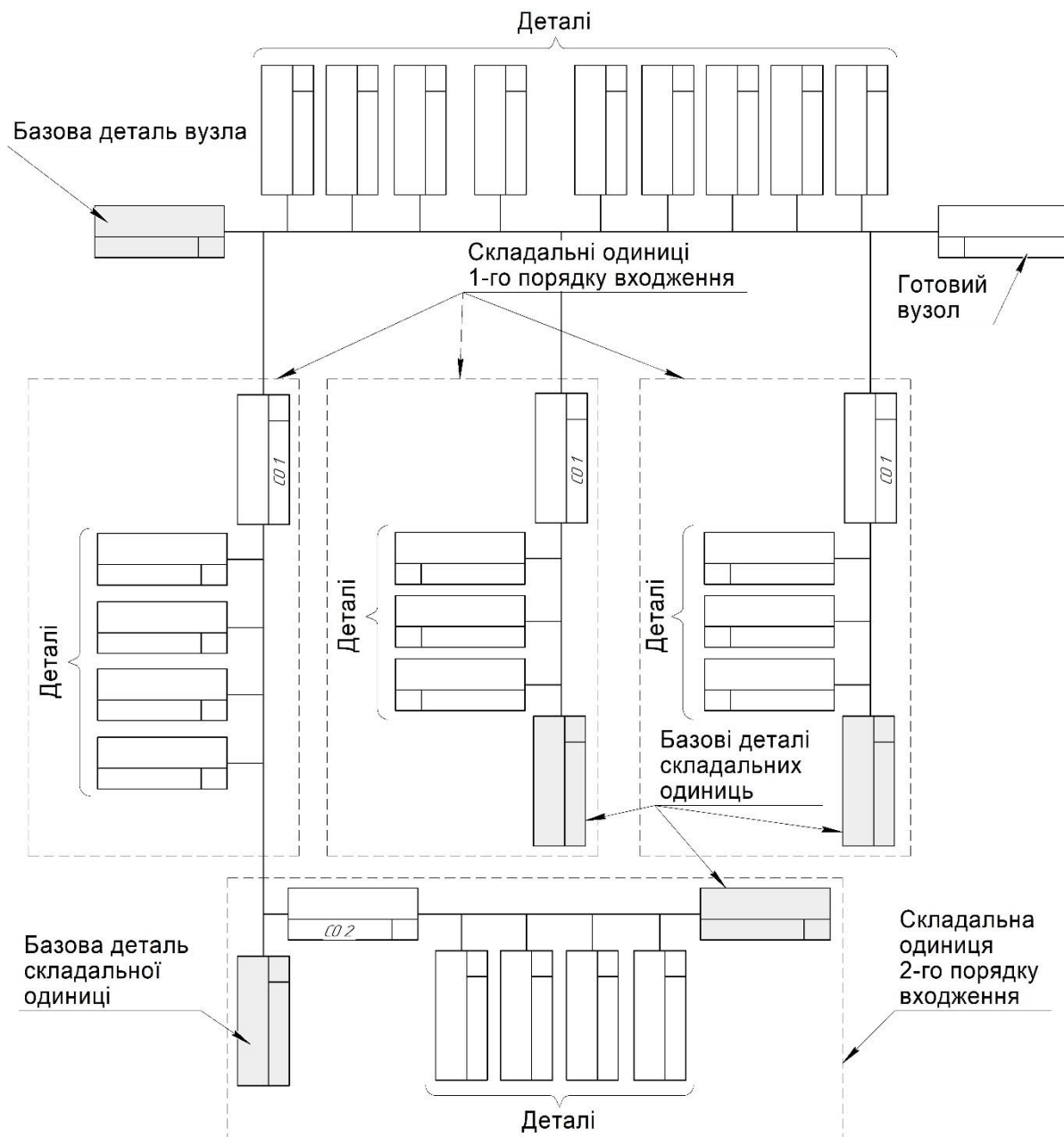


Рисунок 2.16 – Приклад оформлення технологічної схеми складання з позначенням складових елементів

Пояснювальні написи даються також для додаткових робіт, виконуваних при складанні, наприклад, часткове (або повне) розбирання.

Виконана робота оформляється аркушем «Складання вузла», приклад якого наведено в додатку Е.

В пояснювальній записці КП необхідно навести технологічну схему складання у вигляді рисунка. Також потрібно навести в пояснювальній записці та на аркуші «Складання вузла» 3D-зображення розібраної складальної одиниці з усіма її деталями (рисунок 2.17).

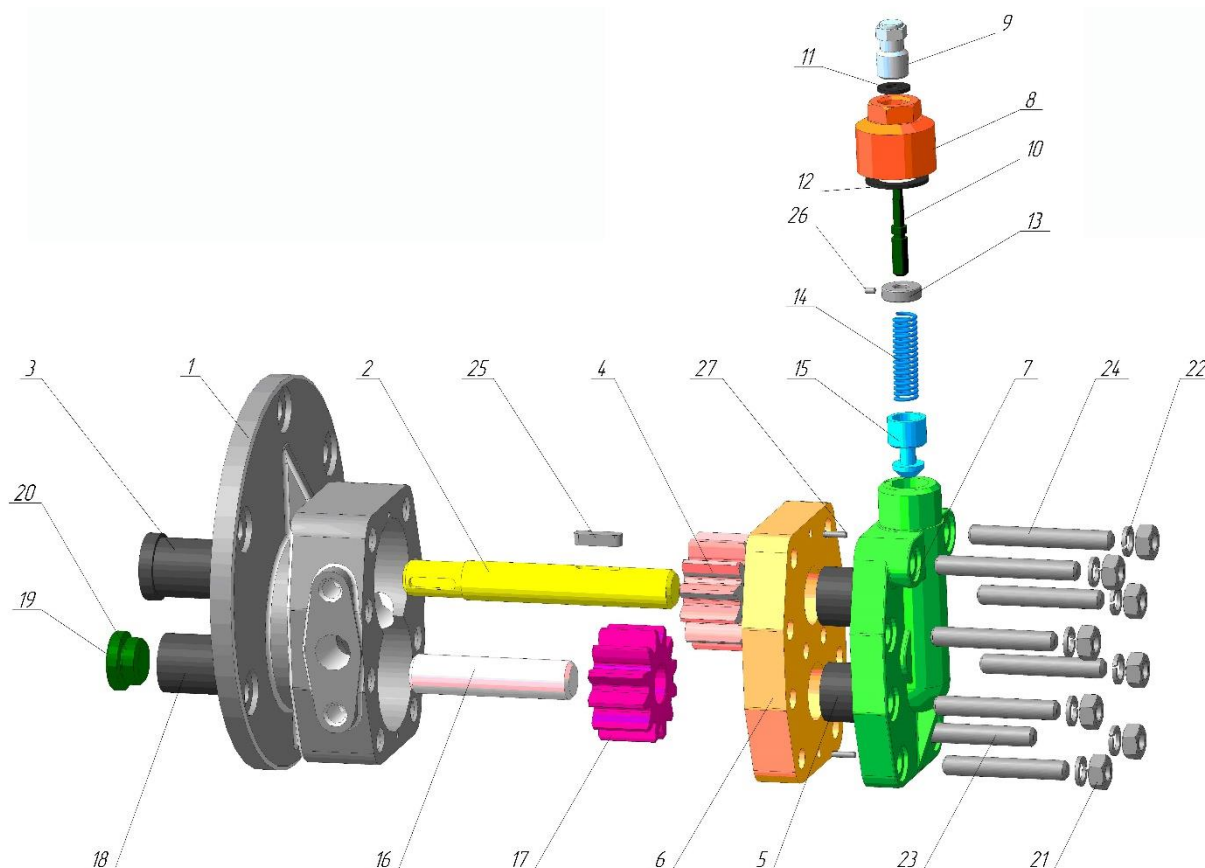


Рисунок 2.17 – Приклад 3D-зображення розібраної складальної одиниці

Для полегшення розуміння здобувачем вищої освіти та керівником курсового проекту послідовності складання в пояснювальній записці необхідно навести описання схеми складання, в якому має бути пояснена послідовність складання вузла або механізму. Обсяг описання і ґрунтовність пояснень залежать від складності вузла і особливостей реалізації процесу складання. Обов'язково потрібно описувати особливості складання, встановлення і закріплення деталей та компонентів, які забезпечують виконання складальною одиницею своїх основних і допоміжних функцій.

Виконання даного розділу курсового проекту сприяє формуванню вміння розробляти і аналізувати складальні кресленики вузлів, механізмів, агрегатів незалежно від сфери їх використання.

2.6 Силовий аналіз складальної одиниці

Виконання даного розділу курсового проекту ґрунтується на знаннях та навичках, отриманих студентами при вивченні дисциплін «Теоретична механіка», «Основи конструювання машин», «Теорія механізмів і машин»,

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

«Системи приводів», «Основи САПР» та «Прикладна математика». Виконуючи даний розділ потрібно послідовно виконати наступні завдання:

- 1) визначити зусилля, які діють на деталі механізму (складальної одиниці) та при необхідності розрахувати їх величину;
- 2) виконати САЕ – аналіз деталей;
- 3) запропонувати рекомендації щодо удосконалення конструкції деталей або механізму (складальної одиниці).

2.6.1 Визначення зусиль, які діють на деталь

Всі сили, що діють на окремі деталі складальної одиниці, умовно поділяють на наступні п'ять груп:

- рушійні сили і моменти;
- сили і моменти опору;
- сили ваги;
- сили інерції;
- реакції (тиски) в кінематичних парах і на поверхнях деталей.

Рушійні сили і моменти - це сили, які прикладаються зовні до виконавчих поверхонь деталей (вхідної ланки) складальної одиниці та (або) які є наслідком виконання складальною одиницею свого функціонального призначення. Тобто виконують роботу протягом експлуатації або за цикл роботи механізму.

Наприклад для повітряного насоса, (див. рисунок 2.1) рушійною силою є сила, яку кривошип 9 передає на шток 5, примушуючи його зворотно-поступально переміщуватись. В свою чергу кривошип 9 отримує обертальний рух від зубчастого колеса 8. А обертовий момент, який отримує зубчасте колесо 8 ззовні також є рушійним.

Для будь-якого пневмо або гідروциліндра рушійними силами будуть сила тиску повітря (рідини) на поршень та сила штоку, яка власне реалізує основну функцію пневмо(гідро)циліндра.

Сили і моменти опору виконують від'ємну роботу протягом експлуатації або за цикл роботи механізму. Вони в свою чергу поділяються на сили і моменти корисного опору та сили і моменти опору середовища.

Сили корисного опору виконують роботу, для виконання якої машина (механізм, деталь) створювалась. Вони прикладаються до ведених ланок.

Наприклад, корисною силою опору для домкрата є сила ваги вантажа, який піднімається. Корисною силою опору пружини є сила, яка протидіє її розтягуванню або стисканню.

Сили опору середовища – це сили, пов’язані з непродуктивними втратами потужності. Зазвичай це сили тертя. Наприклад, в згаданому вже повітряному насосі силами опору середовища є сили тертя між поршневими кільцями 3 та отвором циліндра 1.

Сили ваги прикладаються в центрах мас деталей і визначаються за 2-м законом Ньютона. Значення і напрямки сил ваги вважаються постійними.

Сили інерції виникають у разі прискореного руху ланок складальної одиниці і їх можна розглядати як реакції маси на зміну швидкості. Значення і напрямки сил інерції залежить від кінематичних характеристик руху окремих деталей складальної одиниці та їх конструктивних особливостей.

Реакції (тиски) в кінематичних парах і на поверхнях деталей - це внутрішні сили, які є реакціями на дію активних (зовнішніх) сил, до яких відносяться сили перших чотирьох груп.

Ці сили розкладаються на нормальну і дотичну складові. Як правило визначають тільки нормальні складові цих реакцій. Нормальні складові реакцій називають тисками в кінематичних парах

Наприклад такими силами є реакції опору поверхонь деталей на дію експлуатаційного навантаження.

Слід зазначити, не завжди всі вище згадані сили можуть діяти на деталі складальної одиниці.

Підсумком виконання цього розділу має бути ескіз або 3D-модель заданої деталі, на якому будь-яким зручним, але зрозумілим способом вказуються сили, що діють на деталь в процесі експлуатації.

При потреби або для зручності можна навести структурну схему механізму (складальної одиниці).

Структурна схема - це умовне зображення механізму (складальної одиниці), що містить умовне зображення всіх основних деталей, рухомі ланки та кінематичні пари, на якому вказується їх взаємне розташування без дотримання співвідношення розмірів ланок.

На відміну від кінематичної схеми механізму структурна схема виконується у довільному масштабі без дотримання співвідношень розмірів деталей механізму. Проте масштаб структурної схеми повинен бути таким, щоб було чітко зрозуміло будову механізму (складальної одиниці), тип деталей, рухомих ланок та кінематичних пар.

Структурна схема – це фактично спрощене схематичне відображення механізму (складальної одиниці) потрібне для визначення зусиль і моментів, що діють на окремі деталі.

Для побудови структурної схеми потрібно використовувати стандартизовані умовні позначення за рекомендаціями, що наведені у стандартах:

ДСТУ ГОСТ 2.703:2014. ЄСКД. Правила виконання кінематичних схем (ГОСТ 2.703-2011, IDT).

ДСТУ EN ISO 3952-1:2018 Кінематичні схеми. Графічні умовні позначки. Частина 1 (EN ISO 3952-1):1994, IDT; ISO 3952-1:1981, IDT).

ДСТУ EN ISO 3952-2:2018 Кінематичні схеми. Графічні умовні позначки. Частина 2 (EN ISO 3952-2):1994, IDT; ISO 3952-2:1981, IDT).

ДСТУ EN ISO 3952-3:2018 Кінематичні схеми. Графічні умовні позначки. Частина 3 (EN ISO 3952-3):1994, IDT; ISO 3952-3:1979, IDT).

ДСТУ EN ISO 3952-4:2018 Кінематичні схеми. Графічні умовні позначки. Частина 4 (EN ISO 3952-4):1997, IDT; ISO 3952-4:1984, IDT).

Вказання числових значень сил і моментів, що діють на деталь в даному підрозділі обов'язкове. Величину сил і моментів, що діють на деталь визначають з функціонального призначення або розраховують за відомими формулами і залежностями.

2.6.2 CAE–аналіз деталі

За методиками, що вивчалися в попередніх дисциплінах конструкторської підготовки, з використанням сучасних CAE – систем інженерного аналізу розраховуються на міцність (стійкість) найбільш навантажені елементи заданої деталі. Розрахунки на міцність (стійкість) дозволяють оцінити здатність деталі витримувати прикладені до неї зовнішні навантаження та сили.

Перевірка виконується на найбільш небезпечних перерізах і найнавантаженіших елементах деталі. За допомогою розрахунків на міцність можна визначити раціональні розміри деталі та порівняти їх з існуючими.

При виконанні CAE–аналізу сили і моменти, що діють на деталь потрібно варіювати в діапазоні від 0,5 до 2,5 величини номінального навантаження в крайніх точках діапазону температур експлуатації, який вказано у функціональному призначенні.

Наприклад, якщо з кривошипа на шток повітряного насоса передається зусилля величиною 1000Н, то при CAE–аналізі штока потрібно визначити напруження, деформації та зміщення внаслідок деформацій для зусиль:

500Н, 1000Н, 1500Н, 2000Н, 2500Н при температурах -20°C , 0°C , $+20^{\circ}\text{C}$, $+40^{\circ}\text{C}$, $+60^{\circ}\text{C}$.

У пояснювальній записці результати САЕ-аналізу потрібно представити у вигляді епюр, що ілюструють напруження, деформації та переміщення виконавчих поверхонь деталі під дією сил і моментів (рисунок 2.18).

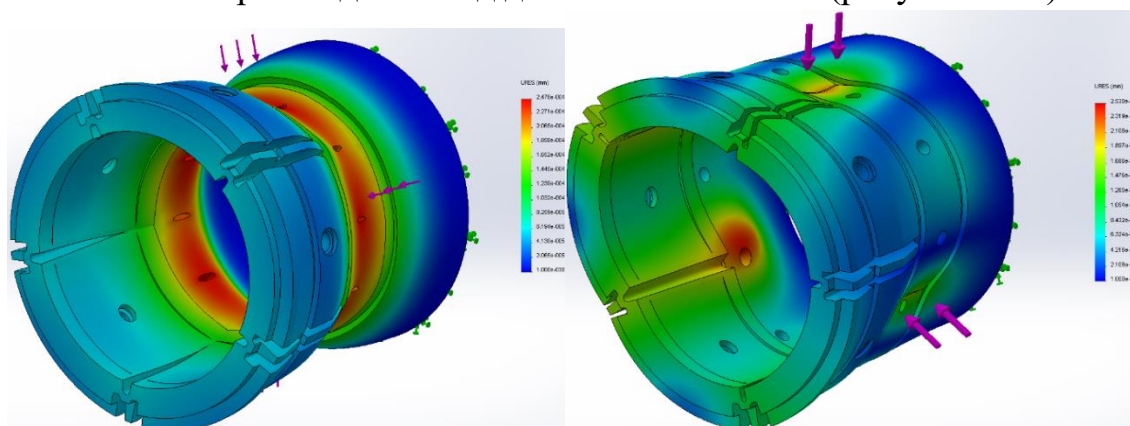


Рисунок 2.18 – Приклади ілюстрації епюр деформацій

За отриманими чисельними результатами САЕ-аналізу необхідно побудувати графічні залежності величини напружень, деформацій та переміщень від зусиль і температур. Приклади оформлення графічних залежностей наведено на рисунку 2.19.

У висновках до цієї частини роботи аналізується достатність міцності елементів деталі (складальної одиниці) для виконання функціонального призначення. При значних запасах міцності можна скоригувати дані у функціональному призначенні деталі (складальної одиниці).

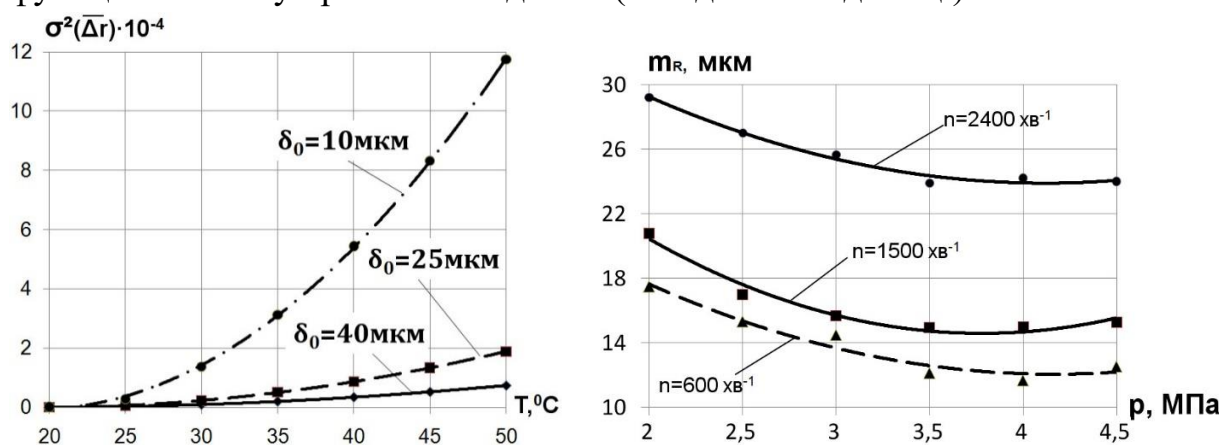


Рисунок 2.19 – Приклади оформлення графічних залежностей

2.6.3 Рекомендації з удосконалення конструкції деталі

За результатами здійсненого в попередньому підрозділі САЕ-аналізу потрібно виявити і запропонувати можливі шляхи удосконалення

конструкції деталі. Запропоновані удосконалення потрібно обґрунтувати, аргументуючи чисельними розрахунками або моделюванням з використанням сучасних САЕ – систем інженерного аналізу.

Ефективність всіх запропонованих удосконалень потрібно ілюструвати порівнюючи попередній і запропонований варіанти (рисунок 2.20).

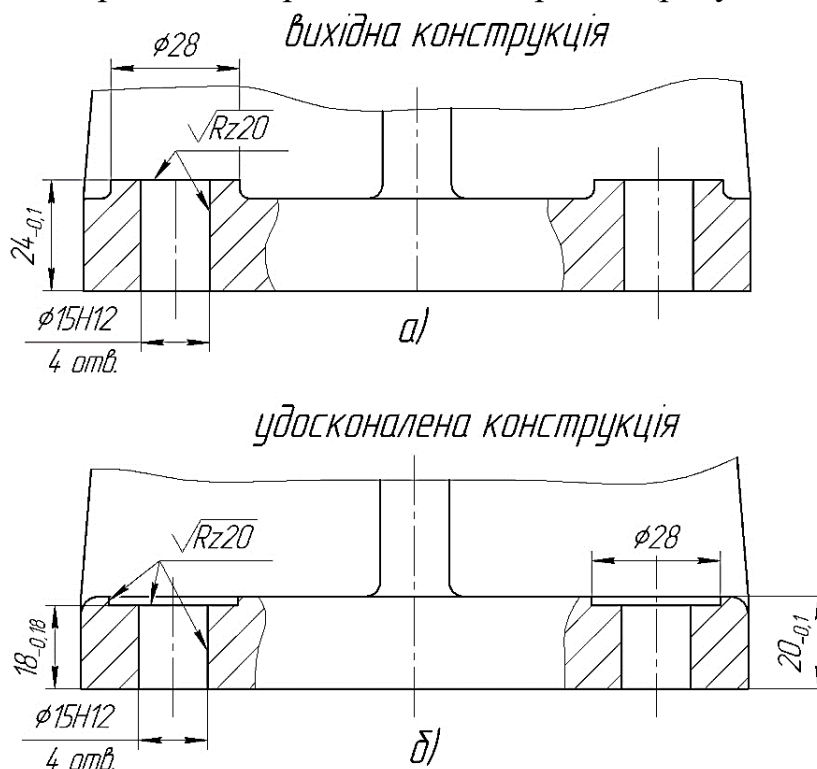


Рисунок 2.20 – Приклад удосконалення конструкції прилягаючих до отворів Ø15H12мм торців корпусу

В графічній частині проекту на аркуші «САЕ – аналіз» відображають:

- ескіз деталі з усіма силами і моментами, що на неї діють;
- числові значення сил і моментів;
- результати САЕ–аналізу у вигляді епюр, що ілюструють напруження, деформації та переміщення виконавчих поверхонь деталі під дією сил і моментів;
- графічні залежності величини напружень, деформацій та переміщень виконавчих поверхонь деталі від зусиль і температур;
- запропоновані удосконалень конструкції деталі.

Приклад виконання аркуша «САЕ – аналіз» наведено в додатку Ж.

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 : навч. посібник для студ. вищих техн. навч. закладів / С.Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія, 2007. – 567 с.
3. 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.
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. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. / В.Т. Павлице. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.
9. 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.
10. Сапон С. П. Машинознавство. [Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

всіх форм навчання.] / С. П. Сапон. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – 38 с.

11. 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.

12. Основи творення машин [Текст] : підручник / Бучинський М.Я.[та ін.] ; за ред. О. В. Горика, д-ра техн. наук, проф., заслуж. працівника нар. освіти України. – Київ : Ліра-К, 2020. – 447 с.

13. Пальчевський Б.О. Інформаційні технології проектування технологічного устаткування : монографія. / Б.О.Пальчевський. – Луцьк : Луцький НТУ, 2012. – 572 с.

14. Пальчевський Б. О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація) : навч. посібник. / Б.О.Пальчевський. – Львів : Світ, 2001. – 232 с.

15. Козяр, М.М. Інженерна графіка. Машинобудівне креслення: підручник / М. М. Козяр, О. Р. Стрілець, А. П. Сафоник. – Херсон: Олді+, 2022. – 475 с.

16. Деталі машин. Розрахунок та конструювання: підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, О.І. Дубинець [та ін.]. – К.: «Талком», 2014. – 684 с.

17. 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.

18. Коновалюк Д. М. Деталі машин : підручник / Д. М. Коновалюк, Р. М. Ковальчук, 2-ге вид. – Київ : Кондор, 2004. – 584 с.

19. Курмаз Л. В. Основи конструювання деталей машин: навчальний посібник / Л. В. Курмаз. – Харків: Підручник НТУ «ХП», 2010. – 532 с.

20. Charles S. Wasson. System Analysis, Design and Development Concepts, Principles, and Practices / Charles S. Wasson. – John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2006. – 832 p.

21. Systems engineering: principles and practice. / [Alexander Kossiakoff et al.]. – 2nd ed. – John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2011. – 560 p.

22. Patrice Micouin. Model-Based Systems Engineering. Fundamentals and Methods. / P. Micouin. – John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2014. – 308 p.

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

Петренко Василю Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз конструкції шестеренного насоса

керівник роботи Сапон Сергій Петрович кандидат технічних наук, доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

2. Строк подання студентом роботи 20 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: складальний кресленик шестеренного насоса.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Загальний розділ 2. Аналіз норм точності. 3. Розмірний аналіз. 4. Складання вузла. 5. Силовий аналіз

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників) _____
Ротаційний насос (формат А3), Корпус (формат А2), Функціональний аналіз (формат А1),
Розмірний аналіз (формат А1), Складання вузла (формат А1), САЕ-аналіз (формат А1).

6. Дата видачі завдання

05.09.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів КП	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання, постановка задач проєкту	05.09.2022	
2	Функціональне призначення складальної одиниці і деталі	16.09.2022	
3	Базування деталей в складальній одиниці	23.09.2022	
4	Аналіз норм точності складальної одиниці	07.10.2022	
5	Аналіз норм точності деталі	10.10.2022	
6	Визначення параметрів якості складальної одиниці	14.10.2022	
7	Вплив норм точності на функції складальної одиниці	20.10.2022	
8	Виявлення складальних розмірних ланцюгів	01.11.2022	
9	Розрахунки складальних розмірних ланцюгів	05.11.2022	
10	Складання вузла	15.11.2022	
11	Визначення зусиль, які діють на деталі	21.11.2022	
12	САЕ-аналіз деталей	25.11.2022	
13	Оформлення графічної частини проєкту	18.12.2022	
14	Підготовка до захисту проєкту	19.12.2022	

Здобувач вищої освіти _____ Петренко В.М.
(підпис)

Керівник проєкту _____ Сапон С.П.
(підпис)

Додаток Б 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 «Машинознавство»	
Виконав:	здобувач вищої освіти гр. ТМ-211 Петренко В.М.
Керівник:	канд. техн. наук, доцент Сапон С.П.
ЧЕРНІГІВ 2022	

Титульний аркуш до пояснювальної записки курсового проєкту.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

кафедра технологій
машинобудування і
деревообробки

Пояснювальна записка

до курсового проєкту
з дисципліни «Машинознавство»

Виконав: здобувач вищої освіти
гр. ТМ-211
Петренко В.М.

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

ЧЕРНІГІВ 2022

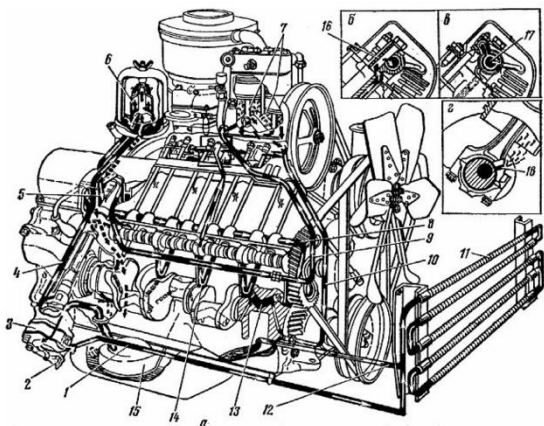
Додаток В Приклад оформлення відомості проекту

Формат	Зона	Лист	Позначення	Найменування	Кільк	Прим.	
				Документація			
A3		1	КПМаш ТМ 201.020.001	Завдання на курсовий проект	1		
A4		2	КПМаш ТМ 201.020.002	Відомість курсового проекту	1		
A4		3	КПМаш ТМ 201.020.003	Пояснювальна записка			
A3		4	КПМаш ТМ 201.020.004	Шестеренний насос	1		
A2		5	КПМаш ТМ 201.020.004.001	Корпус	1		
A1		6	КПМаш ТМ 201.020.005	Функціональний аналіз	1		
A1		6	КПМаш ТМ 201.020.006	Розмірний аналіз	1		
A1		7	КПМаш ТМ 201.020.007	Складання шестеренного насоса	1		
A1		8	КПМаш ТМ 201.020.008	САЕ-аналіз	1		
			КПМаш ТМ 201.020.002				
Лист	№ докцим.	Підп.	Дата	Відомість курсового проекту	Лист	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Петренко В.М.					1	1
Перев.	Салон С.П.				НУЧП		
Нконт.							
Затв.							

Додаток Г Приклад оформлення аркуша «Функціональний аналіз»

Функціональний аналіз систем та їх елементів

Функціональний аналіз системи змащення двигуна



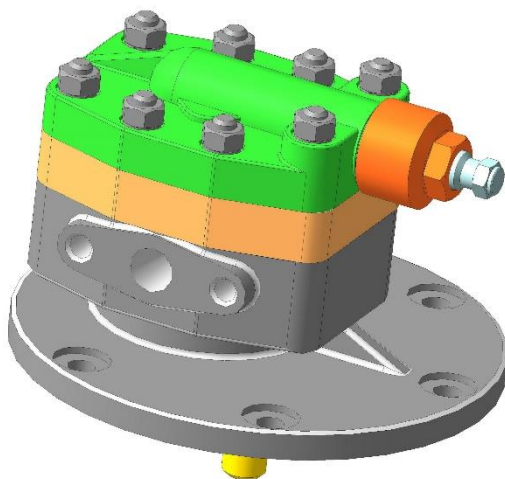
(Ф₀): подача мастила до поверхонь двигуна, що труться

→ (Ф_{д1}): відведення теплоти від контактуючих поверхонь

→ (Ф_{д2}): видалення продуктів зносу від поверхонь тертя

→ (Ф_{д3}): зниження втрат потужності двигуна внаслідок тертя

Функціональний аналіз насоса шестеренного



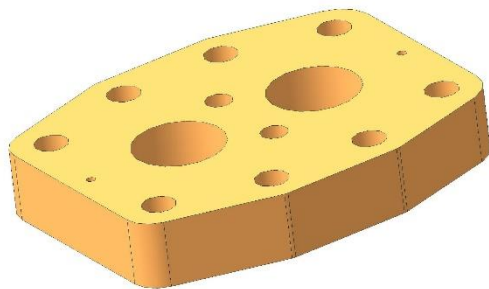
(Ф₀): створення тиску мастила в системі мащення двигуна

→ (Ф_{д1}): подача мастила до поверхонь двигуна, що труться

→ (Ф_{д2}): подача мастила до приладів охолодження (мастільний радіатор)

→ (Ф_{д3}): подача мастила до приладів очищення (мастільний радіатор)

Функціональний аналіз обойми



(Ф₀): забезпечення сталої точності розташування кришки насоса шестеренного

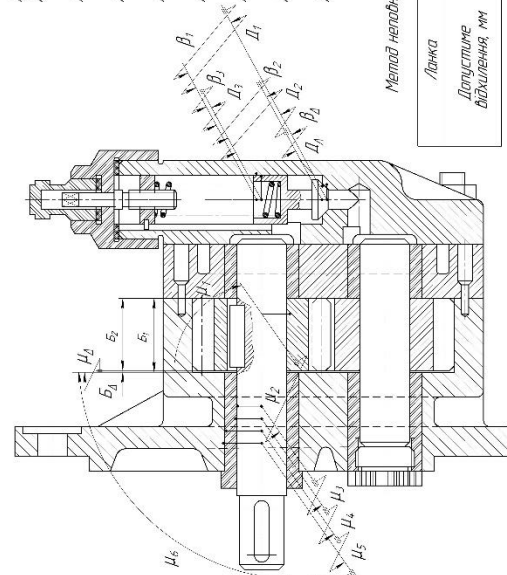
→ (Ф_{д1}): сприймання навантажень і гасіння вібрації

→ (Ф_{д2}): забезпечення циркуляції мастила із западин зубів коліс у межах зони зачеплення

→ (Ф_{д3}): забезпечення разом з корпусом герметичності шестеренного насоса

Додаток Д Приклад оформлення аркуша «Розмірний аналіз»

- Линія А визначає дічний зазор між зубцями зубчатих коліс
- Линія В визначає зазор між торцевими зубчатими коліс і торцевою поверхнею камери
- Линія В визначає співвідношення отворів втулок підшипників ковзання
- Линія Г визначає радіальний зазор між зубчатими колесами і корпусом
- Линія Д визначає співвідношення виконавчої поверхні клапана і гнізда під нього
- Линія Е визначає зазор між внутрішньою поверхнею втулки і валом
- Линія Ж визначає паралельність осі виконавчої поверхні клапана і гнізда під нього.
- Линія І визначає паралельність осей отворів втулок підшипників ковзання
- Линія К визначає паралельність торцевої поверхні зубчатого колеса до торцевої поверхні камери

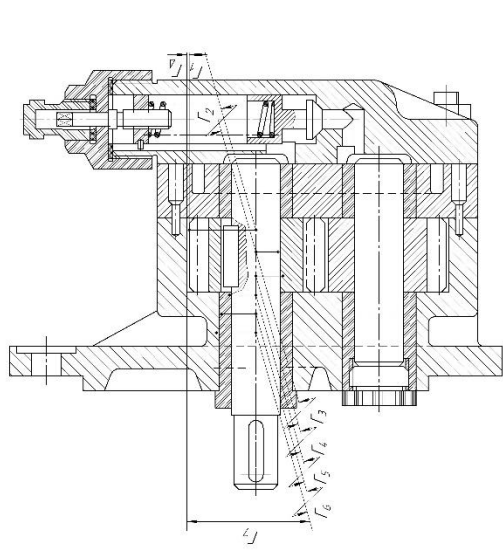
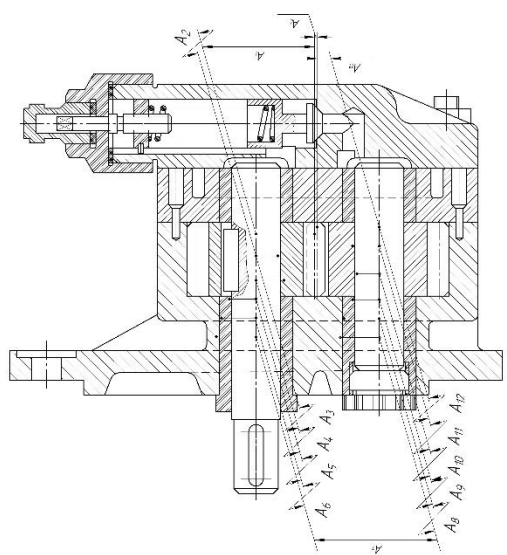
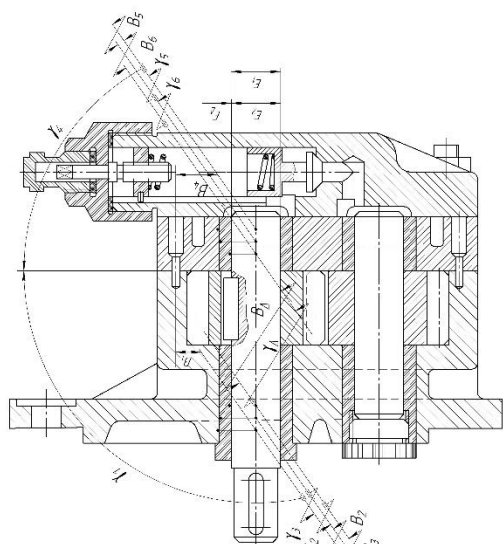


Метод метабної взаємозамінності Розрахунок інваріансним методом

Линія	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5	μ_6
Допустиме відхилення, мм	0,1	0,06	0,02	0,02	0,02	0,03
	100	100	100	100	100	100

Метод повної взаємозамінності Розрахунок методом максимум-мінімум

Линія	D_4	D_1	D_2	D_3	D_5	D_6
Номинальний розмір	0	0	0	0	0	0
Допуск, мм	0,1	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03
Розмір з допуском, мм	$0^{+0,1}$	$0^{+0,03}$	$0^{+0,04}$	$0^{+0,03}$	$0^{+0,04}$	$0^{+0,03}$



КП Маш ТМ 2010202006	
Дата	Підпис
Розмірний аналіз	П1
Лист	Знаход
№	НУ47

90070202006 ТМ 2010202006

Додаток Е Приклад виконання аркушу «Складання вузла»

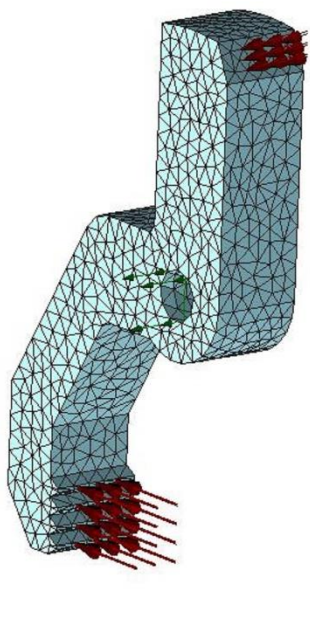
The diagram illustrates the assembly of a mechanical component. On the right, a 3D exploded view shows the assembly with parts numbered 1 through 27. On the left, a Bill of Materials (BOM) table lists the parts and their quantities.

Код	Назва	Кількість	Вимоги
1	Корпус	1	
2	Корпус в зборі	1	
3	Пружина	1	
4	Пружина	1	
5	Пружина	2	
6	Корпус в зборі	1	
7	Корпус в зборі	1	
8	Корпус в зборі	1	
9	Корпус в зборі	1	
10	Корпус в зборі	1	
11	Корпус в зборі	1	
12	Корпус в зборі	1	
13	Корпус в зборі	1	
14	Корпус в зборі	1	
15	Корпус в зборі	1	
16	Корпус в зборі	1	
17	Корпус в зборі	1	
18	Корпус в зборі	1	
19	Корпус в зборі	1	
20	Корпус в зборі	1	
21	Корпус в зборі	1	
22	Корпус в зборі	1	
23	Корпус в зборі	1	
24	Корпус в зборі	1	
25	Корпус в зборі	1	
26	Корпус в зборі	1	
27	Корпус в зборі	1	

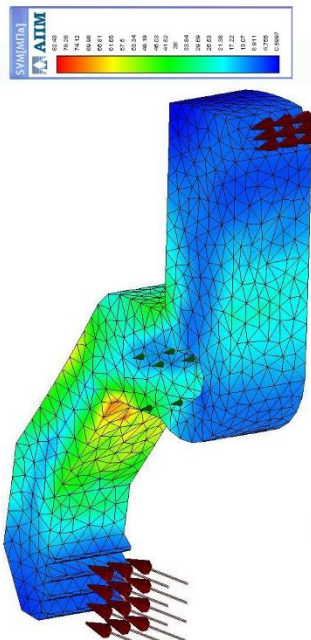
Technical drawing details include:
 - Part 1: Корпус (Housing)
 - Part 2: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 3: Пружина (Spring)
 - Part 4: Пружина (Spring)
 - Part 5: Пружина (Spring)
 - Part 6: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 7: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 8: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 9: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 10: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 11: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 12: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 13: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 14: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 15: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 16: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 17: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 18: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 19: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 20: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 21: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 22: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 23: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 24: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 25: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 26: Корпус в зборі (Housing assembly)
 - Part 27: Корпус в зборі (Housing assembly)

Додаток Ж Приклад виконання аркушу «CAE – аналіз»

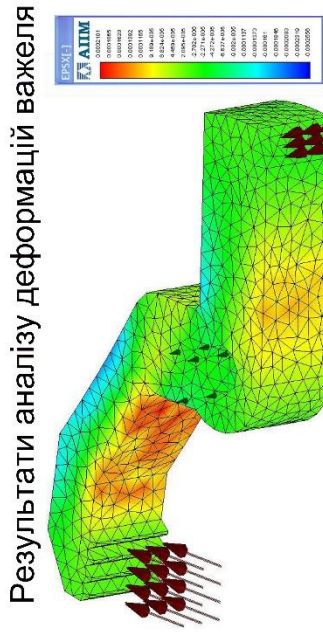
Силовий аналіз важеля захватів



Результати аналізу напружень важеля



Результати аналізу зміщень важеля від деформації



Результати аналізу деформації важеля

Результати аналізу зміщень важеля від деформації

