

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



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

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

ЧЕРНІГІВ 2022

Машинознавство. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка всіх форм навчання. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – 69 с.

Укладач: САПОН СЕРГІЙ ПЕТРОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за видання: ЄРОШЕНКО Андрій Михайлович, завідувач кафедри технологій машинобудування та деревообробки, канд. техн. наук, доцент.

Рецензент: ОЛЕКСІЄНКО СЕРГІЙ Владиславович, канд. техн. наук, доцент кафедри технологій зварювання і будівництва Національного університету «Чернігівська політехніка».

© Сапон С.П.

© НУ «Чернігівська політехніка»

Зміст

1	Загальні методичні рекомендації.....	4
1.1	Мета і завдання лабораторних робіт	4
1.2	Підготовка до виконання лабораторних робіт	4
1.3	Обсяг та зміст лабораторних робіт	5
1.4	Вимоги оформлення звіту з лабораторної роботи	5
1.4.1	Вимоги до оформлення текстової частини звіту	5
1.4.2	Вимоги до оформлення графічних елементів	6
1.4.3	Вимоги до оформлення формул	7
1.4.4	Вимоги до оформлення таблиць.....	8
1.4.5	Складання переліку посилань.....	9
1.5	Критерії оцінки знань при виконанні лабораторних робіт	10
2	Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт	12
	Лабораторна робота №1. Опис конструкції вузлів та машин.....	12
	Лабораторна робота №2 Функціональне призначення	18
	Лабораторна робота №3 Види поверхонь деталей машин.....	31
	Лабораторна робота №4. Вали.....	35
	Лабораторна робота №5 Корпуси.....	41
	Лабораторна робота №6 Деталі зубчастих передач.....	47
	Лабораторна робота №7 Важелі та вилки.....	52
	Лабораторна робота №8 Втулки і кришки	57
3	Методичні рекомендації з оформлення та представлення індивідуальних завдань до лабораторних робіт	63
3.1	Рекомендації до виконання аналізу, порівняння, систематизації інформації	63
4	Рекомендації щодо оформлення креслеників.....	65
4.1	Рекомендації до оформлення складального кресленника	65
4.2	Рекомендації до оформлення кресленника деталі.....	66
4.3	Рекомендації для самоперевірки оформлення креслеників	66
	Рекомендована література.....	68
	Додаток А Приклад оформлення титульного аркуша до звіту з лабораторних робіт	69

1 Загальні методичні рекомендації

1.1 Мета і завдання лабораторних робіт

Метою виконання лабораторних робіт з дисципліни «Машинознавство» є ознайомлення з конструкцією і функціональним призначенням типових вузлів та деталей машин, що використовуються в галузі механічної інженерії, набуття навичок призначення норм точності при розробці креслеників деталей та складальних одиниць, виходячи з їх функціонального призначення.

Відповідно до сформульованої вище мети, виконання циклу лабораторних робіт дозволяє вирішити наступні **завдання** дисципліни «Машинознавство»:

- 1) ознайомлення з функціональним призначенням типових вузлів та деталей машин, що використовуються в галузі механічної інженерії;
- 2) ознайомлення з конструкцією типових вузлів та деталей машин, що використовуються в галузі механічної інженерії;
- 3) набуття навичок призначення норм точності для типових деталей та складальних одиниць, виходячи з їх функціонального призначення;
- 4) набуття навичок розробки креслеників типових деталей машин, виходячи з їх функціонального призначення;
- 5) набуття навичок розробки складальних креслеників, виходячи з функціонального призначення складальної одиниці;
- 6) отримання практичних навичок структуровано, компактно, зрозуміло і чітко описувати технічні об'єкти та системи.

1.2 Підготовка до виконання лабораторних робіт

Лабораторні роботи виконуються в обсязі, передбаченому навчальним планом підготовки здобувачів вищої освіти (ЗВО) першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» у відповідності з робочою програмою дисципліни «Машинознавство». Графік виконання лабораторних робіт доводиться до відома ЗВО на першому занятті.

До виконання лабораторних робіт допускаються здобувачі вищої освіти, які попередньо опрацювали теоретичний матеріал і підготували відповіді на питання до самостійної підготовки.

При підготовці до лабораторної роботи необхідно уважно прочитати розділ «Короткі теоретичні відомості», ознайомитися з інформацією на інших інформаційних ресурсах та носіях, що ілюструють матеріал за темою лабораторної роботи. Незрозумілі питання, що виникають при підготовці до виконання лабораторної роботи потрібно з'ясувати до початку її виконання.

1.3 Обсяг та зміст лабораторних робіт

Кожна лабораторна робота передбачає виконання завдань **мінімального (базового) рівня** для ЗВО які претендують на мінімальну позитивну («задовільно» **60 балів**) оцінку та **додаткових індивідуальних завдань** для отримання підсумкової оцінки понад 60 балів.

ЗВО, який претендує на оцінку **понад 60 балів** самостійно (залежно від оцінки, на яку претендує) додатково обирає кількість та вид індивідуальних завдань з переліку, наведеного в кожній лабораторній роботі.

Звіт з кожної лабораторної роботи повинен мати таку структуру:

1. Назва та номер лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Результати виконання роботи.
4. Висновки.

Наповнення підрозділу «Результати виконання роботи» формується залежно від кількості балів на яку претендує здобувач вищої освіти за виконання лабораторної роботи. Компоненти обов'язкових та додаткових індивідуальних завдань та кількість балів, які можна отримати за їх виконання наведено в методичних рекомендаціях до кожної з лабораторних робіт.

1.4 Вимоги оформлення звіту з лабораторної роботи

1.4.1 Вимоги до оформлення текстової частини звіту

Звіт з лабораторної роботи оформляється у відповідності із загальними вимогами до текстових документів за ДСТУ 3008-2015. Текст виконується від руки або друкується на принтері шрифтом 14 пт через 1,5

міжрядкові інтервали на одній стороні аркуша білого паперу формату А4 з обмежувальними рамками. Відстань від верхнього, нижнього та правого краю аркуша до обмежувальної рамки – 5 мм, від лівого – 20 мм.

Перенесення слів в заголовках, запис заголовку на одній сторінці, а початок тексту на іншій, скорочення слів, крім загальноприйнятих, не допускається, крапку в кінці заголовка не ставлять.

Відповідно до норм академічної доброчесності **не допускається** переписування з книг та інших інформаційних ресурсів відомих положень та інформації без відповідних посилань на їх номер у переліку посилань вміщений у квадратних дужках. Наприклад:

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

1.4.2 Вимоги до оформлення графічних елементів

До графічних елементів відносять рисунки, ескізи, схеми тощо, які розміщують в тексті лабораторної роботи. Всі графічні елементи повинні відповідати вимогам діючих стандартів, правилам нарисної геометрії та інженерної графіки.

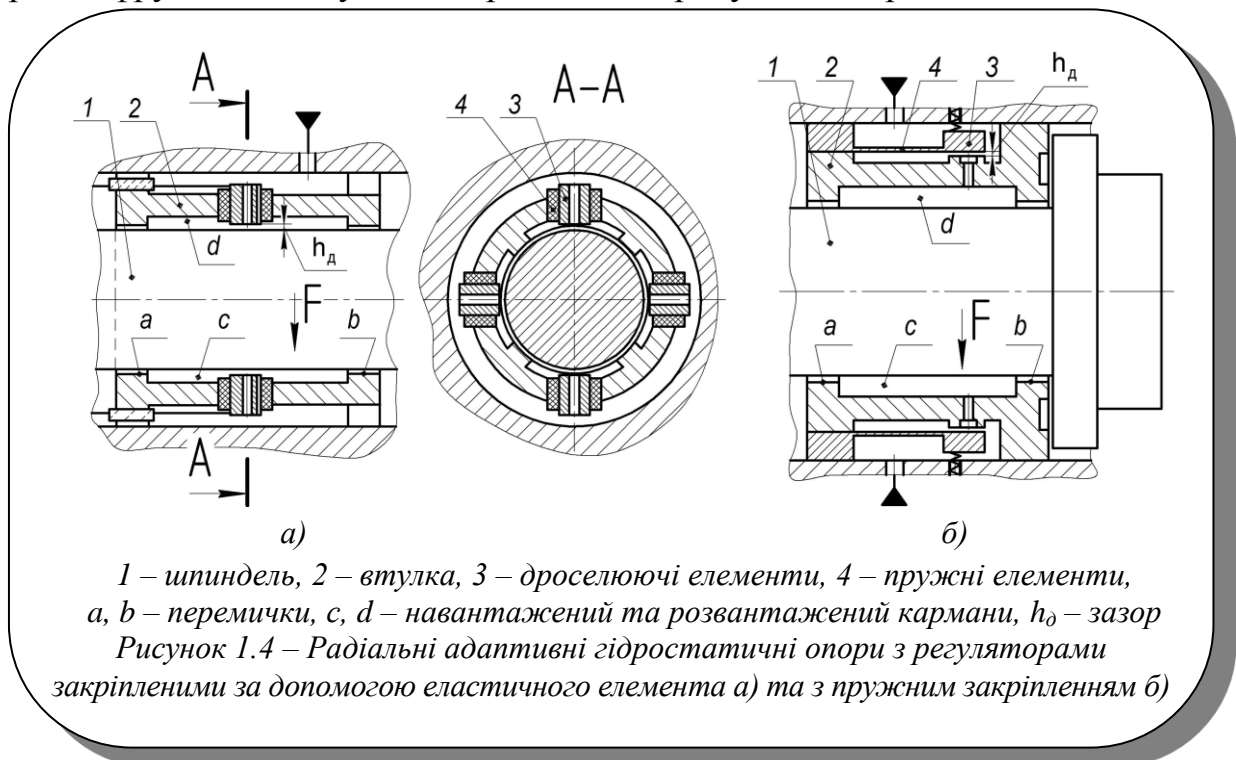
Формат графічних відображень повинен бути таким, щоб створювалось цілком повне враження і була вся необхідна інформація. Якість фотографічних зображень, кількість проекцій і перерізів на ескізах повинна бути такою, яка б давала повне і однозначне уявлення про зображену конструкцію. Не слід прагнути до надмірного збільшення або зменшення зображень. Масштаб повинен бути таким, щоб неозброєним оком можна було розгледіти зображені конструктивні елементи.

В абсолютній і переважній більшості випадків на рисунках мають бути позначення позицій елементів, які на ілюстрації зображені. Якщо таких позначень немає, їх потрібно зробити, використовуючи доступні програмні продукти та навички використання сучасних інформаційних технологій.

Кожний графічний елемент повинен мати номер в межах окремої лабораторної роботи. **Номер ілюстрації** складається з порядкового номеру

лабораторної роботи і порядкового номеру ілюстрації в лабораторній роботі, розділених крапкою. Наприклад: *Рисунок 1.3 (третій рисунок першої лабораторної роботи)*.

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



1.4.3 Вимоги до оформлення формул

Формули нумеруються арабськими цифрами в межах кожної лабораторної роботи. Номер формули складається із номера лабораторної роботи і порядкового номера формули в межах кожної лабораторної роботи. 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.

Приклад:

Для пневмоциліндра двосторонньої дії зусилля на штоці визначається за формулою [2 с. 162]:

$$W = 0,785(D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta \quad (2.5)$$

де D, d – діаметри циліндра і штока, мм;

p – тиск стиснутого повітря, МПа;

η – ККЛ пневмоциліндра $\eta = 0.9$:

1.4.4 Вимоги до оформлення таблиць

Таблиці нумеруються послідовно арабськими цифрами. Номер таблиці вказується над таблицею зліва і повинен складатися з номера лабораторної роботи та порядкового номеру таблиці в межах окремої лабораторної роботи, розділених крапкою. Наприклад: *Таблиця 2.1* (перша таблиця другої лабораторної роботи).

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.

Таблиця 2.1 – Морфологічна таблиця конструктивних ознак пристрою

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

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

Наприклад:

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
4	Матеріал затискача	Сталь	Поліуретан	Пластмаса

На всі таблиці повинні бути посилання в тексті, при цьому слово “Таблиця” пишуть повністю, наприклад: *в таблиці 2.4.*

1.4.5 Складання переліку посилань

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

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

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

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

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

Посилання на деякі основні літературні джерела рекомендовано оформлювати наступним чином:

Інформаційні інтернет-ресурси

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

Методичні вказівки:

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

Книжки, навчальні посібники, підручники:

Андренко П.М. Гідравлічні пристрої мехатронних систем: навчальний посібник / П.М. Андренко. – Х.: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2013. – 188 с.

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

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

Патенти:

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

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

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.

1.5 Критерії оцінки знань при виконанні лабораторних робіт

Кожна лабораторна робота виконується в обсязі, вказаному в п.1.3 та відповідно до попередньо описаних рекомендацій щодо оформлення.

Виконання та захист кожної лабораторної роботи оцінюється за шкалою від **60 до 100 балів**. При цьому **60 балів** отримує ЗВО, який виконав індивідуальне завдання до лабораторної роботи мінімального (базового) рівня. Якщо ЗВО не виконав індивідуальне завдання до лабораторної роботи мінімального (базового) рівня, він вважається таким, що не здав лабораторну роботу і не може бути атестований з дисципліни.

Здобувач вищої освіти, який прагне отримати **понад 60 балів** за виконання лабораторної роботи самостійно (залежно від оцінки, на яку претендує) додатково обирає кількість та вид індивідуальних завдань наведених у методичних рекомендаціях до кожної з лабораторних робіт.

Своєчасність виконання кожної лабораторної роботи стимулюється за рахунок застосування коефіцієнта своєчасності K_{CB} , на який множиться кількість балів, отриманих ЗВО за виконання лабораторної роботи. Значення коефіцієнта своєчасності наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Значення коефіцієнта своєчасності K_{CB}

Період протягом якого виконано і захищено роботу	K_{CB}
В період до наступної лабораторної роботи	1,5
Від 7 до 14 днів (включно) після лабораторної роботи	1,25
Від 15 до 21 днів (включно) після лабораторної роботи	1,0
Від 22 до 28 днів (включно) після лабораторної роботи	0,9
Від 29 до 35 днів (включно) після лабораторної роботи	0,8

Сумарна кількість балів, отриманих здобувачем вищої освіти за виконання лабораторних робіт визначається за формулою:

$$B_{\text{лаб}}^{\text{сум}} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \cdot K_{\text{CBi}}}{n} \quad (1.1)$$

де B_i – кількість балів, отриманих за виконання кожної лабораторної роботи;

i – порядковий номер лабораторної роботи;

n – кількість лабораторних робіт, що виконуються протягом семестру;

$K_{\text{CB1}} \dots K_{\text{CBi}}$ – коефіцієнти своєчасності виконання кожної лабораторної роботи.

З метою зниження негативного впливу критики на самооцінку, мотивацію здобувачів вищої освіти до навчання, самостійний пошук та формулювання власних рішень та ідей, не рекомендується виявлення викладачем помилок та недоробок в індивідуальних завданнях до лабораторних робіт. Викладач повинен вказати на наявність та характер помилок (редакційні, графічні, лінгвістичні, в розрахунках тощо), а виявлення та виправлення помилок повинен здійснювати виключно самостійно здобувач вищої освіти, при потребі з консультативною допомогою викладача. Після виправлення помилок здобувач вищої освіти повторно захищає лабораторну роботу. Лабораторна робота, що містить помилки вважається не виконаною до тих пір, поки всі помилки не будуть виправлені.

Без виконаних та своєчасно захищених лабораторних робіт здобувач вищої освіти не може бути атестований з дисципліни «Машинознавство».

2 Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт

Лабораторна робота №1. Опис конструкції вузлів та машин

Мета роботи: набуття навичок формулювання описання конструкції та роботи машини (механізму, агрегату, складальної одиниці).

1.1. Короткі теоретичні відомості

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

- здатність структурно і логічно висловлювати свою думку, описувати процеси, явища, технічні об'єкти та системи;
- здатність до аналізу та синтезу, вміння виявляти, формулювати, ставити та вирішувати прикладні (науково-прикладні) завдання.

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

- 1) назва і конкретна галузь застосування машини (механізму, агрегату, вузла, агрегату, складальної одиниці);
- 2) перелік **основних** конструктивних елементів (деталей, складальних одиниць), з яких складається машина, вузол;
- 3) описання як і де встановлюється та закріплюється машина (вузол, механізм, складальна одиниця);
- 4) описати яким чином працює машина (механізм, вузол, складальна одиниця), виконуючи **основні функції** з конкретним посиланням на деталі і вузли (складальні одиниці нижчого порядку);
- 5) описати виконання машиною своїх **допоміжних функцій** з конкретним посиланням на деталі, вузли, складальні одиниці;
- 6) як здійснюється (пере)налагодження, регулювання і ремонт машини, вузла;
- 7) технічні характеристики вузла (за наявності).

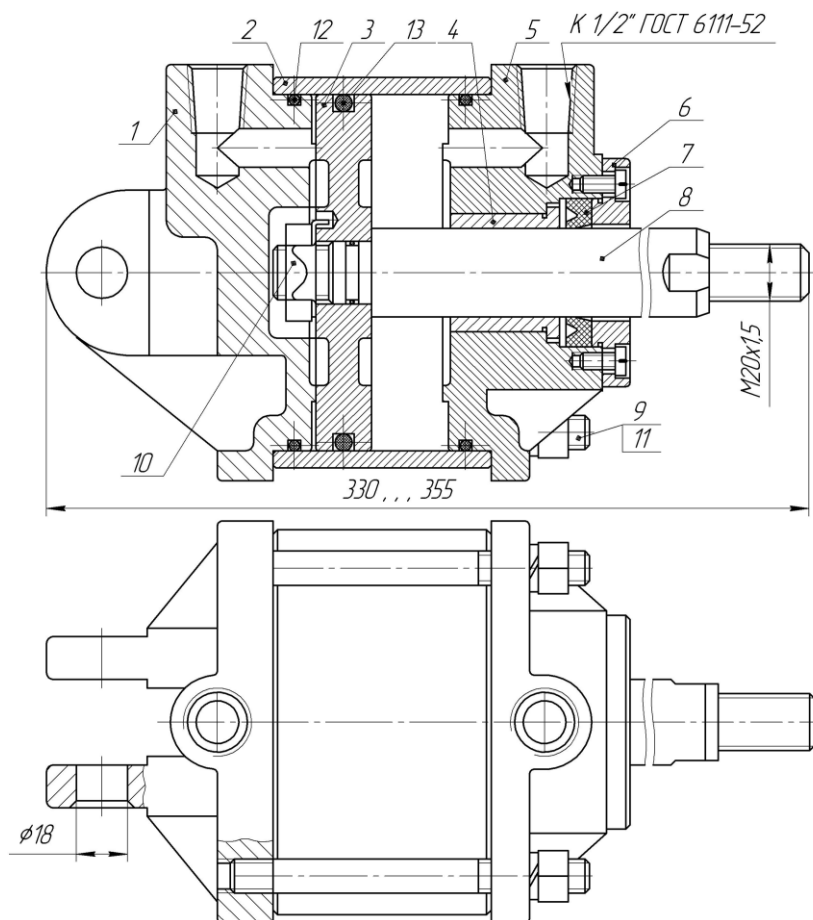
Текст описання конструкції і роботи машини (механізму, агрегату, складальної одиниці) не обов'язково повинен містити всі вищеперелічені пункти і у вказаній послідовності, але має бути їх переважна більшість. Текст

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

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

Приклад описання конструкції:

Пневмоциліндр (рисунок 1.2) застосовується в якості силового приводу в механізмі затиску пристрою для захоплення прутків $\varnothing 20$ мм.



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

Рисунок 1.2 – До опису конструкції пневмоциліндра

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

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

Основна функція пневмоциліндра - перетворення енергії стиснутого повітря в зворотно-поступальний рух штока. Для здійснення робочого ходу пневмоциліндра (затискання прутка) до отвору в задній кришці кришці 1 підводять стиснуте повітря під тиском 0,4 МПа. Поршень 3 разом з штоком 8 під тиском повітря переміститься вліво, здійснюючи слів вплив на важільний механізм пристрою і затискаючи заготовку.

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

Допоміжними функціями пневмоциліндра є забезпечення необхідної швидкодії, величини зусилля затиску, герметичності пневматичної системи, надійності та довговічності роботи пристрою. Необхідна величина зусилля затиску створюється завдяки тиску стиснутого повітря на торець поршня, герметичності пневматичної системи живлення пневмоциліндра та мінімальним втратам на тертя завдяки точності виготовлення деталей та складання пневмоциліндра.

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

Технічні характеристики пневмоциліндра:

Робочий тиск стиснутого повітря	0,4 МПа
Коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра,	$\eta=0,9$.
Зусилля на штоці пневмоциліндра при тиску 0,4 МПа і $\eta=0,9$	2650 Н
Швидкість переміщення штока пневмоциліндра	0,5 м/с
Ресурс роботи пневмоциліндра до відмови не менше	300000 подвійних ходів.

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.

1.2. Оснащення роботи

Альбоми та інші ілюстративні інформаційні матеріали про типові вузли деталей машин.

1.3. Методика виконання роботи

Для отримання за виконання лабораторної роботи мінімальної кількості **60 балів** необхідно обов'язково виконати нижченаведені індивідуальні завдання у вказаній послідовності:

1. Вибрати **одну** складальну одиницю, вузол, агрегат, механізм.
2. Самостійно на основі вивчення навчальної, науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціальних періодичних видань, матеріалів тематичних виставок, патентів, інформаційних ресурсів мережі Internet тощо вибрати систему, де вибрана складальна одиниця, вузол, агрегат, механізм може використовуватись.
3. Виконати описання конструкції та принципу роботи складальної одиниці (вузла, агрегату, механізму) в послідовності, наведеній в теоретичних відомостях до даної роботи.

Для отримання за виконання лабораторної роботи **понад 60 балів**, студент самостійно, залежно від оцінки, на яку претендує, додатково на вибір виконує нижченаведені індивідуальні завдання:

4. Виконати описання конструкції та принципу роботи додатково **однієї** складальної одиниці (вузла, агрегату, механізму) (20 балів).
5. Виконати за допомогою графічних редакторів складальний кресленик складальної одиниці (вузла, агрегату, механізму) (7 балів).
6. Виконати 3D модель складальної одиниці (вузла, агрегату, механізму) (10 балів).
7. Сформулювати та проілюструвати основні норми точності, які необхідно витримати при складанні та експлуатації складальної одиниці (вузла, агрегату, механізму) (15 балів).

1.4. Інформація до складання звіту

1. У підрозділі «Результати виконання роботи» виконати завдання, наведені в методиці виконання роботи залежно від кількості балів, на яку претендує студент за виконання лабораторної роботи.
2. У підрозділі «Висновки» сформулювати основні результати і навички, отримані при виконанні лабораторної роботи відповідно до вибраних індивідуальних завдань.

1.5. Питання для самостійної підготовки

1. Яке призначення описання конструкції складальної одиниці ?

2. Яка рекомендована послідовність формулювання описання конструкції та роботи машини (механізму, вузла, складальної одиниці)?

Лабораторна робота №2 Функціональне призначення

Мета роботи: набуття навичок формулювання функціонального призначення типових вузлів та деталей машин.

2.1 Короткі теоретичні відомості

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

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

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 машин, зайвих витрат праці при їх виготовленні, освоєнні і експлуатації.

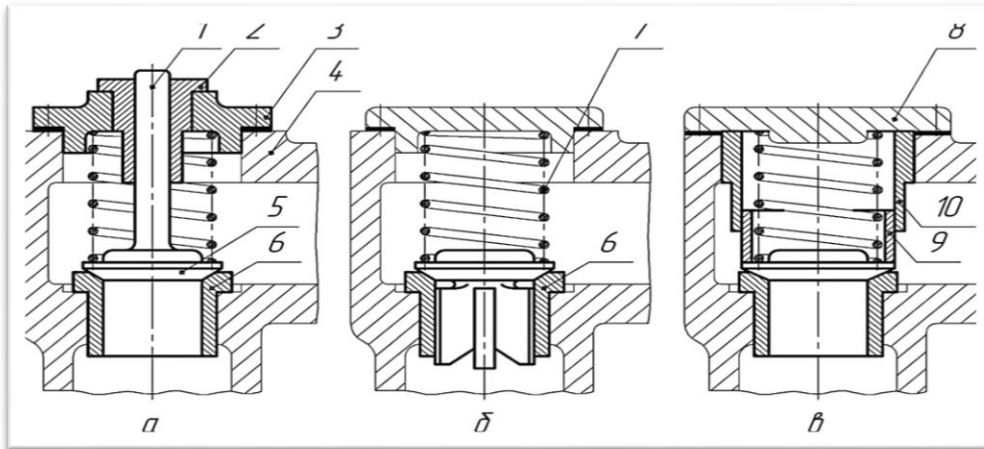
Будь-яка машина містить систему службових функцій, які визначають принцип її функціонування і конструктивно являє собою систему конструктивних елементів для реалізації цих функцій.

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

Наприклад, основна функція запобіжного клапану – підтримувати сталий тиск в системі – може реалізовуватись різними варіантами конструктивного виконання (рисунок 2.1).

Будь-який реальний об'єкт є сукупністю його окремих елементів. Кожен елемент має власні ознаки (властивості), які характеризують його. Наприклад, зубчасте колесо є сукупністю зубчастого вінця, з'єднаного диском з маточиною, яка має шпонковий паз для передачі крутного моменту.

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



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

Рисунок 2.1 – Конструктивне виконання запобіжного клапану з верхнім (а, в) і нижнім (б) направленням

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_o є «корегування зору», а допоміжними функціями є: Φ_o – забезпечувати фіксацію лінз на обличчі та

Φ_{o_2} – забезпечувати відповідний естетичний рівень, Φ_{o_3} – забезпечувати довговічність тощо.

Матеріальними носіями цих функцій відповідно є: лінзи, дужки оправи 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.

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

Таблиця 2.1 – Функції деяких елементів машини та типових деталей

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

		Φ_o	Передають обертання
	Виступ, упор	Φ_o	Обмежує переміщення
		Φ_o	Сприймає зусилля

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В деяких випадках при формулюванні функцій може використовуватись прикметник (наприклад, «надійний», «швидкорозчинний», «якісний»), але потрібно чітко усвідомлювати критерії, за якими можна визначити, що ці прикметники-ознаки виконання функцій будуть досягнуті.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Формулювання функціонального призначення повинно складатися з двох основних частин: **загальної** частини та **уточнень**. Формулювання

загальної частини функціонального призначення (основної функції) зазвичай, не викликає труднощів. Наприклад, токарний верстат 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 відрізнитись - 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,

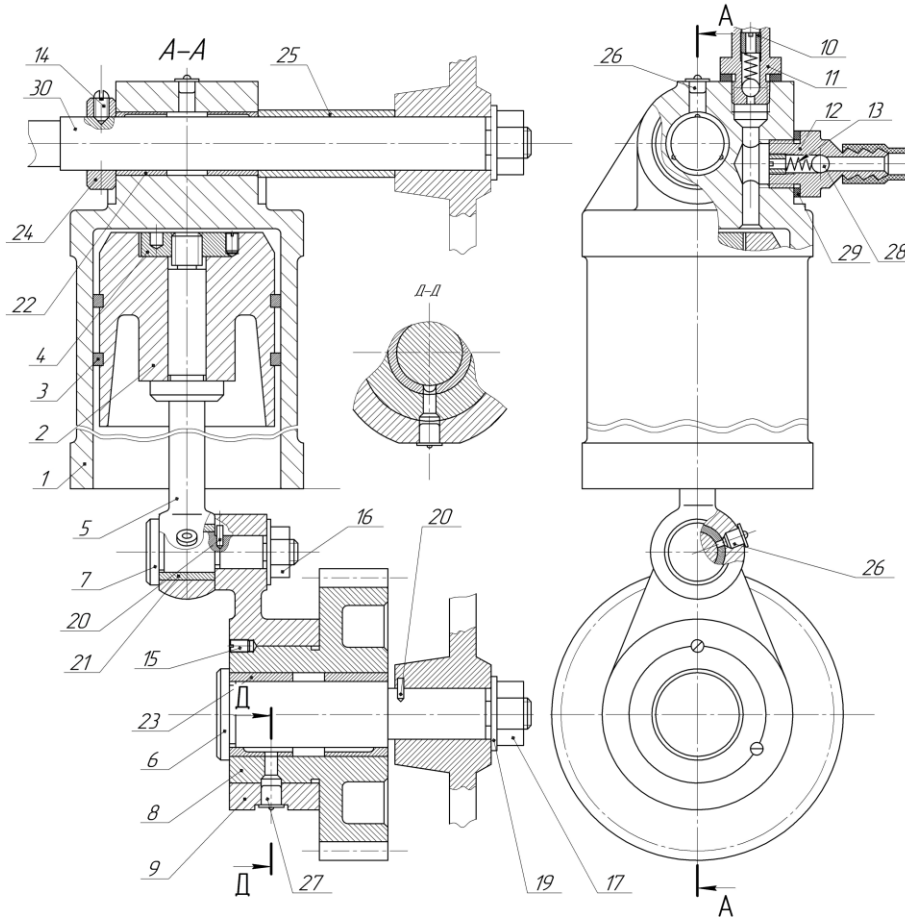
При формулюванні функціонального призначення складальної одиниці необхідно сформулювати і чітко уявити собі функціональне призначення машини, для деталі - функціональне призначення складальної одиниці, оскільки, знаючи вимоги до системи, можна розробляти вимоги до підсистеми.

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 насосу.

Функціональне призначення повітряного насоса

Повітряний насос (рисунок 2.2) призначений для відсмоктування газів з домішками крапельної рідини при створенні зони розрідження в ємності низького тиску трубопровідної системи перекачування світлих нафтопродуктів.



1 – циліндр, 2 – поршень, 3 – кільце поршневе, 4 – гайка спеціальна, 5 – шток, 6 – вісь кривошипа, 7 – палець, 8 – колесо зубчасте, 9 – кривошип, 10 – гайка регулювальна, 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 2.2 – Повітряний насос

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 насоса $101 \pm 1,0 \text{ кПа}$.

Φ_{D3} – забезпечення величини ККД не менше $\eta = 0,75$.

Φ_{D4} – забезпечення допустимого рівня шуму 70 дБ .

Φ_{D5} – забезпечення показників надійності 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 $0,73 \pm 0,01 \text{ кПа}$.

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

Хід поршня $160 \pm 1 \text{ мм}$. 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 $75 \pm 10\%$.

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.

Для змащення поверхонь деталей повітряного насоса, що піддаються тертю використовувати мастило ЦИАТИМ-221 ГОСТ 9433-80.

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

Важелі служать для передачі зусилля сполученим деталям, для необхідного їх переміщення з потрібною швидкістю і траєкторією або фіксації їх положення відносно інших деталей.

Вали призначені для орієнтації деталей, які вони несуть у складальній одиниці, надання деталям обертового руху з визначеною швидкістю і крутним моментом та сприймання зусиль, що діють з боку деталей, розташованих на валу.

Вилки призначені для зворотно-поступального переміщення елементів кінематичних і динамічних зв'язків машини (муфт, зубчастих коліс тощо).

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

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

Кришки призначені для фіксації осьового положення (базування) підшипників та інших деталей, а також для забезпечення герметичності вузлів і механізмів.

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

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

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

Приклад формулювання функціонального призначення корпусу наведено на наступних сторінках методичних вказівок.

Вміння формулювати функціональне призначення машин, механізмів, складальних одиниць та деталей, з яких вони складаються, дозволить в подальшому успішно здійснювати їх проектування, удосконалення або розробку технологічних процесів виготовлення.

2.2 Оснащення роботи

Альбоми та інші ілюстративні інформаційні матеріали про типові вузли деталей машин.

2.3 Методика виконання роботи

Для отримання за виконання лабораторної роботи мінімальної кількості **60 балів** необхідно обов'язково виконати нижченаведені індивідуальні завдання у вказаній послідовності:

1. Вибрати складальну одиницю (вузол, машину, агрегат) та виконати її ескіз з позначенням позицій складових елементів.
2. Самостійно на основі вивчення навчальної, науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціальних періодичних видань, матеріалів тематичних виставок, патентів, інформаційних ресурсів мережі Internet тощо вибрати систему, де вибрана складальна одиниця (вузол, машина, агрегат) може використовуватись.
3. Виконати за методикою, наведеною в лабораторній роботі №1 описання конструкції та принципу роботи системи, де може вибрана складальна одиниця (вузол, машина, агрегат) використовуватись.

Корпус черв'ячного редуктора (рисунок 1.3) призначений для виконання наступних функцій:

Основна функція (Ф₀): забезпечення сталої точності відносного розташування черв'яка і черв'ячного колеса як в статичному стані, так і в процесі експлуатації.

Допоміжні функції (Ф_д):

Ф_{д1} – забезпечення разом з кришками підшипникових вузлів герметичності порожнини редуктора (втрати мастила не допустимі);

Ф_{д2} – забезпечення жорсткості конструкції редуктора;

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

Ф_{д4} – гасіння вібрацій;

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

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

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

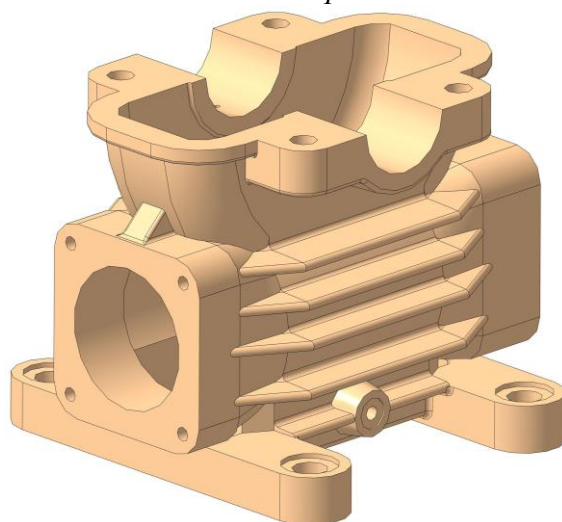


Рисунок 1.3 – Тривимірна модель корпусу черв'ячного редуктора

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

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

Корпус редуктора разом з кришкою повинен утримувати мастило всередині редуктора, тобто втрати мастила не допустимі, також не допустиме попадання в середину пилу, сміття, води.

На зовнішніх поверхнях корпусу не допускається наявність гострих країв та кутів для забезпечення безпеки при складанні і експлуатації.

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

Корпус редуктора передбачений для експлуатації при температурі

4. Визначити і сформулювати **основні функції** вибраної складальної одиниці.
5. Визначити і сформулювати **допоміжні функції** вибраної складальної одиниці.
6. Виконати ілюстрацію (ескіз, рисунок, 3D-модель) **трьох оригінальних деталей**, що входять до складу вибраної складальної одиниці.
7. Визначити і сформулювати основні та допоміжні функції **трьох оригінальних деталей**, що входять до складу вибраної складальної одиниці.

Для отримання за виконання лабораторної роботи **понад 60 балів**, студент самостійно, залежно від оцінки, на яку претендує, додатково на вибір виконує нижченаведені індивідуальні завдання:

8. Додатково вибрати **одну** складальну одиницю і виконати її функціональний аналіз за вищенаведеною методикою (20 балів за кожен складальну одиницю).
9. Виконати ілюстрацію (ескіз, рисунок, 3D-модель) та сформулювати функціональне призначення (визначити основні та допоміжні функції) додатково **однієї** оригінальної деталі (5 балів).

2.4 Інформація до складання звіту

1. У підрозділі «Результати виконання роботи» виконати завдання, наведені в методиці виконання роботи залежно від кількості балів, на яку претендує студент за виконання лабораторної роботи.
2. У підрозділі «Висновки» сформулювати основні результати і навички, отримані при виконанні лабораторної роботи відповідно до вибраних індивідуальних завдань.

2.5 Питання для самостійної підготовки

1. Яке завдання у функціонального призначення машини (вузла, складальної одиниці)?
2. Наведіть визначення основної та допоміжної функції.
3. Яку інформацію вміщує функціональне призначення машини (вузла, складальної одиниці)?
4. Для чого призначені уточнення функціонального призначення?
5. Для чого використовують кількісні показники з допустимими відхиленнями при формулюванні функціонального призначення?

Лабораторна робота №3 Види поверхонь деталей машин

Мета роботи: набуття навичок формулювання функціонального призначення поверхонь типових деталей машин.

3.1 Короткі теоретичні відомості

На кожен деталь у машині покладається виконання певних функцій, що впливають із основної функції, для реалізації якої і створюється машина. 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 деталь виконує своє функціональне призначення, називаються **виконавчими**. Для визначення виконавчих поверхонь перш за все потрібно сформулювати функціональне призначення деталі (див. лабораторну роботу №2).

Наприклад виконавчими поверхнями вала 21 (рис. 3.1) є поверхні за допомогою яких вал передає обертальний рух і крутний момент. Такими поверхнями є:

- шийка, на якій встановлена шестерня та бічна поверхня шпонкового пазу;
- шийка на правому кінці вала, на якій монтується напівмуфта та бічна поверхня шпонкового пазу, завдяки якій передається обертальний рух і крутний момент на іншу напівмуфту, з'єднувану з даною.

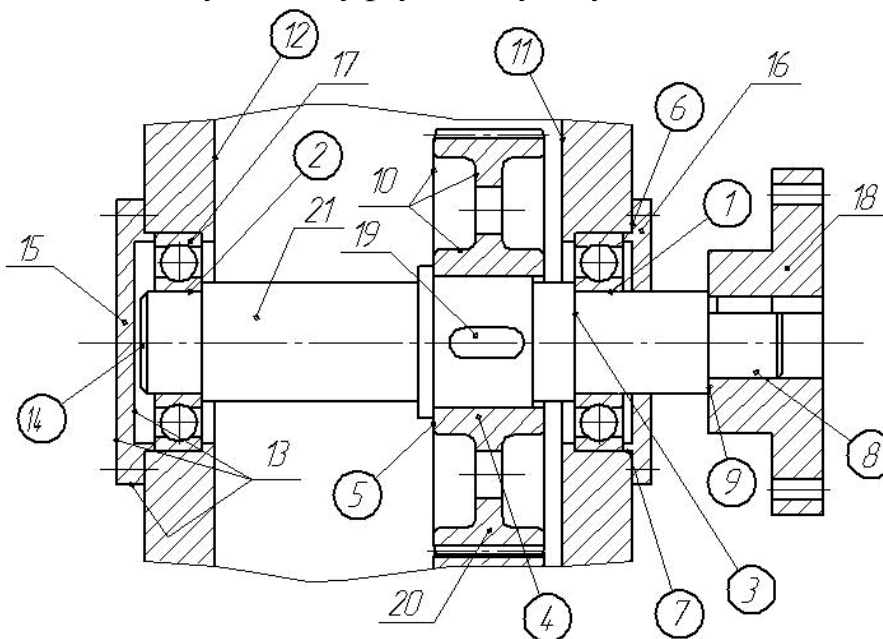


Рисунок 3.1 – До визначення функцій поверхонь
Основні бази - поверхні деталі, які визначають її положення у виробі.

3.3 Методика виконання роботи

Для отримання за виконання лабораторної роботи мінімальної кількості **60 балів** необхідно обов'язково виконати нижченаведені індивідуальні завдання у вказаній послідовності:

1. Виконати ілюстрацію (ескіз, рисунок, 3D-модель) складальної одиниці, з якою студент працював на лабораторних роботах №1 та №2.
2. Вибрати **три оригінальні деталі**, що входять до складальної одиниці, з якою студент працював на лабораторних роботах №1 та №2.
3. Визначити і сформулювати основні та допоміжні функції вибраних **трьох оригінальних деталей**.
4. Виконати ескізи вибраних **трьох оригінальних деталей** з позначенням поверхонь. Приклад див. рисунок 3.3.

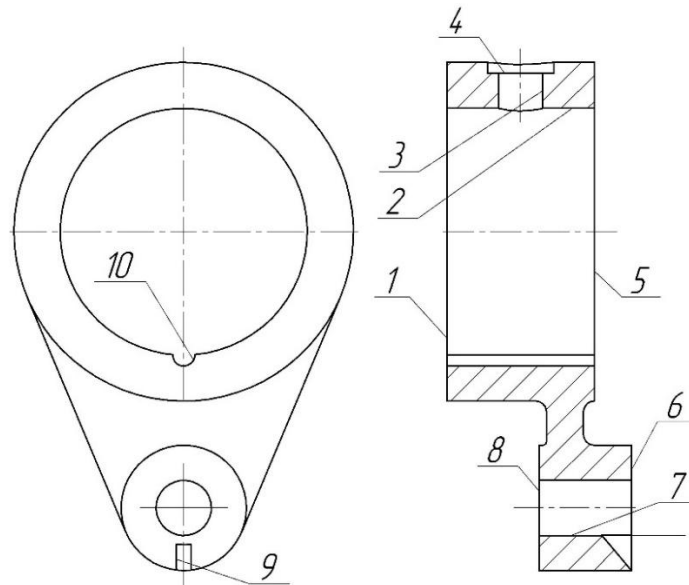


Рисунок 3.3 – До визначення функцій поверхонь кривошипа

5. На основі функціонального призначення кожної з деталей визначити їх виконавчі поверхні, основні та допоміжні бази. Даний пункт рекомендується оформити у вигляді таблиці 3.1 за прикладом, що наведено нижче.

Для отримання за виконання лабораторної роботи **понад 60 балів**, здобувач вищої освіти самостійно, залежно від оцінки, на яку претендує, додатково на вибір виконує нижченаведені індивідуальні завдання:

6. За вищенаведеною методикою виконати функціональний аналіз для додатково **однієї оригінальної деталі**, що входить до складальних одиниць, з якими студент працював на лабораторних роботах №1 та №2 (10 балів).

Таблиця 3.1 - Види та функції поверхонь кривошипа

Функції	Вид поверхні	Позначення поверхонь
Перетворення обертання зубчастого колеса 8 у зворотно-поступальне переміщення поршня 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

3.4 Інформація до складання звіту

- У підрозділі «Результати виконання роботи» виконати завдання, наведені в методиці виконання роботи залежно від кількості балів, на яку претендує здобувач вищої освіти за виконання лабораторної роботи.
- У підрозділі «Висновки» сформулювати основні результати і навички, отримані при виконанні лабораторної роботи відповідно до вибраних індивідуальних завдань.

3.5 Питання для самостійної підготовки

1. Які поверхні називаються виконавчими ?
2. Яке призначення основних баз деталей ?
3. Що визначають допоміжні бази деталей ?
4. З якою метою визначають вид поверхонь деталей та їх функції?

Лабораторна робота №4. Вали

Мета роботи: ознайомлення з конструктивними особливостями, функціональним призначенням валів та набуття навичок розробки їх креслеників.

4.1 Короткі теоретичні відомості

Валом вважають тіло обертання з довжиною, що перевищує три діаметри. Вали (рисунок 4.1) мають надзвичайно велике різноманіття конструктивних форм і широко використовуються в механізмах машин.

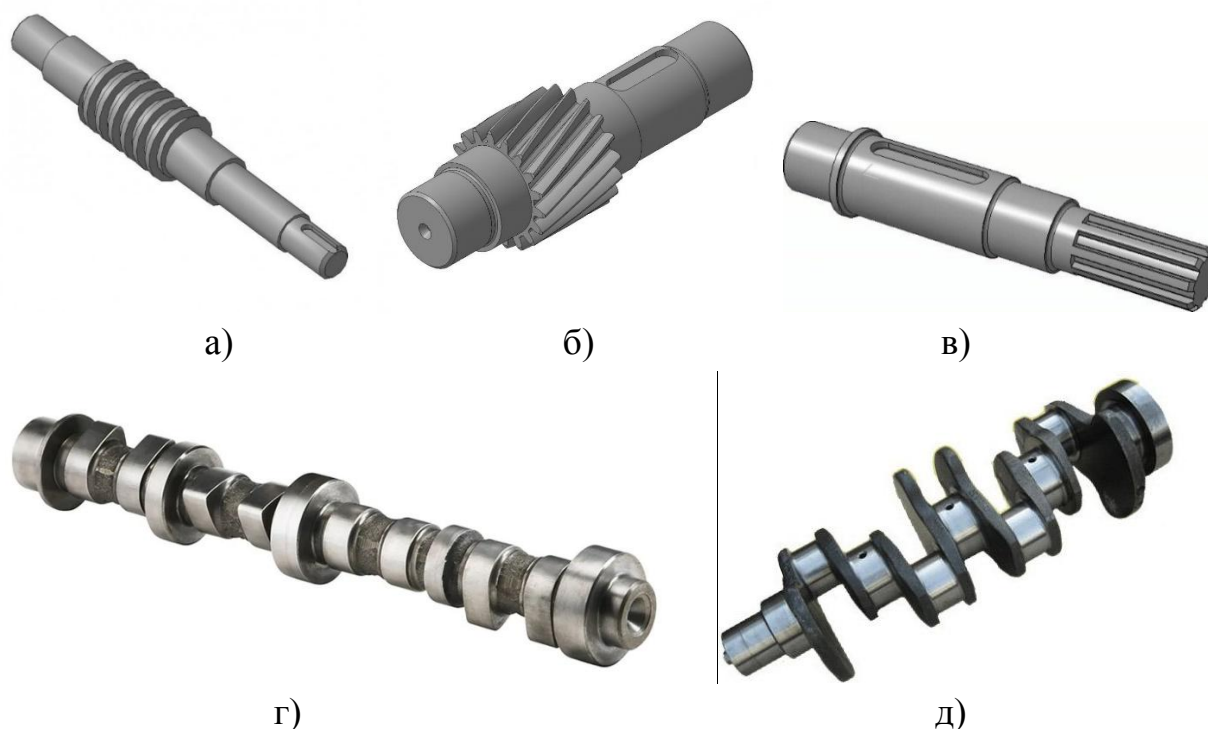


Рисунок 4.1 – Деякі конструктивні різновиди валів: а – черв'ячний вал, б – вал-шестерня, в – вал шліцевий, г – кулачковий вал, д – колінчастий вал

Вали призначені для орієнтації деталей, які вони несуть у складальній одиниці, надання деталям обертового руху з визначеною швидкістю і крутним моментом та сприймання зусиль, що діють з боку деталей, розташованих на валу.

Деякі типові основні функції валів:

ΦO_1 – орієнтування деталей;

ΦO_2 – надання обертового руху;

ΦO_3 – передавання крутного моменту;

ΦO_4 – сприймання зусиль.

Колінчасті, черв'ячні і гвинтові вали (див. рис. 4.1, а, г, д) призначені для перетворення обертового руху в зворотно-поступальний і навпаки.

Тому основною їх функцією (ΦO) є перетворення обертального руху в зворотно-поступальний.

Вісі також є різновидом валів і призначені тільки для орієнтування встановлених на ній деталей та сприймання зусиль, що діють з боку деталей, розташованих на осі. На відміну від вала вісь не передає крутний момент і працює тільки на згинання. Відповідно, основними функціями осей є:

ΦO_1 – орієнтування деталей;

ΦO_2 – сприймання зусиль.

В машинах і механізмах осі можуть бути нерухомими або ж можуть обертатися разом із встановленими на них деталями (рухомі осі).

Конструктивна форма будь-якого вала зумовлена:

- 1) розмірами та типом деталей, встановлених на ньому;
- 2) величиною і напрямом дії навантажень;
- 3) способами закріплення деталей на валу;
- 4) умовами складання та виготовлення вузла, де вал виконує своє функціональне призначення.

Діаметри та поздовжні розміри валів визначають з розрахунків на міцність, жорсткість, вібростійкість або за конструктивними міркуваннями. Визначене за розрахунками значення діаметра вала потім округлюють до стандартних значень.

Основні конструктивні елементи валів: цапфи, буртики, галтелі, канавки для виходу інструменту.

Цапфа - опорна поверхня, основна база вала (осі), якою він встановлюється в підшипниках

Конструктивні форми цапф визначаються напрямком і величиною опорних реакцій, конструкцією опори, умовами фіксації, регулювання зазорів, компенсації спрацювання, теплових деформацій тощо.

Цапфу, що сприймає осьове навантаження називають п'ятою (рис. 4.2).

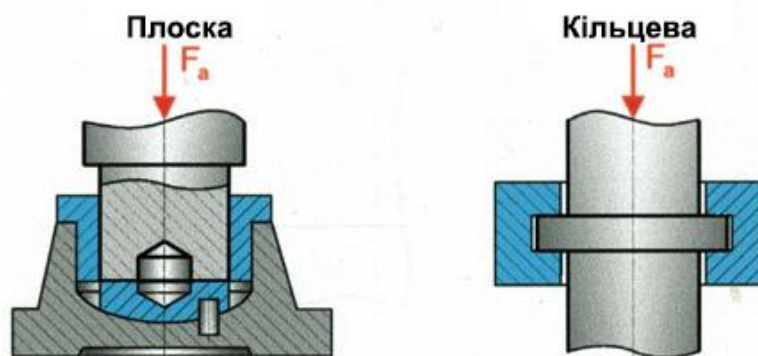


Рисунок 4.2 – П'яти валів

Цапфи на кінцевих частинах вала називають шипами (рис. 4.3, а, б). Проміжні цапфи - шийками (рис. 4.3, в).

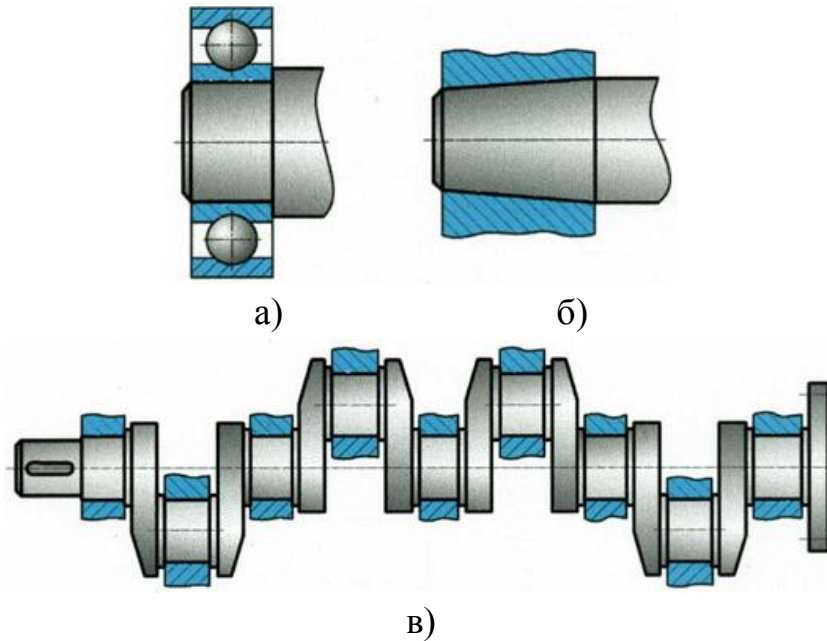


Рисунок 4.3 – Цапфи валів: а, б – цапфи на кінцях валів, в – проміжні цапфи

Буртик – перехідна поверхня вала, яка призначена для упору і обмеження осьового переміщення встановлених на валу деталей. Наприклад, на рис.4.3, а буртик – торцева поверхня вала, в яку упирається торець внутрішнього кільця кулькового підшипника

Для зниження концентрації напружень в перехідній зоні між шийками вала утворюють спеціальне скруглення – **галтель** (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Галтелі

Для забезпечення сприятливих умов формування посадочних поверхонь вала утворюють поглиблення – **канавки для виходу різального інструменту** (різець, шліфувальний круг) (рис. 4.5).

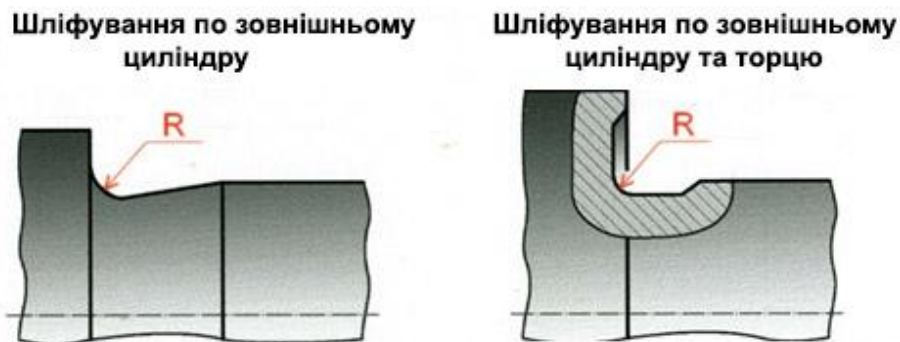


Рисунок 4.5 – Канавки для виходу шліфувального круга

Шпонкові пази (рис. 4.6) використовуються для встановлення шпонки за допомогою якої вал передає (отримує) крутний момент.

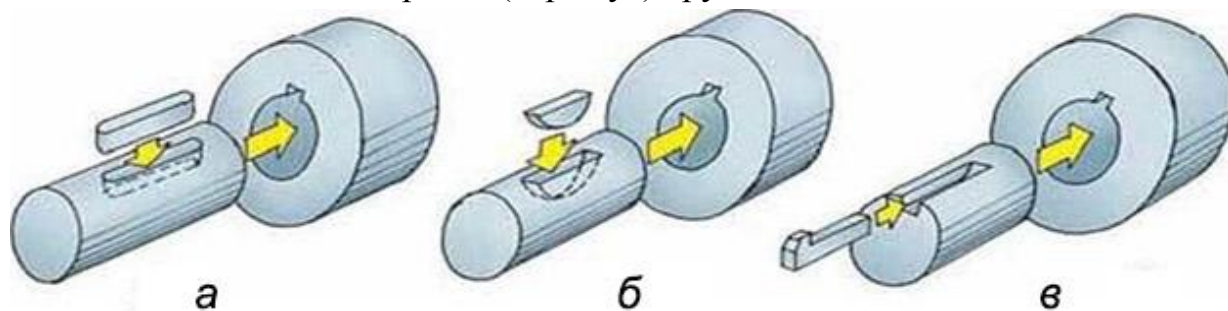


Рисунок 4.6 – Деякі конструктивні різновиди шпонкових пазів на валах

Для з'єднання валів з зубчастими колесами і шківками застосовують також шліцеві з'єднання (рис. 4.7).

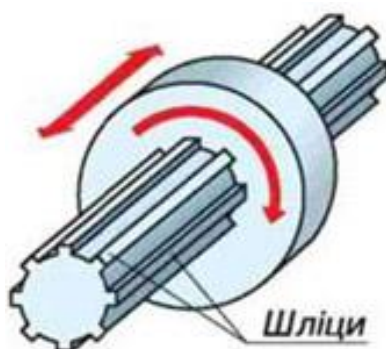


Рисунок 4.7 – Шліцеве з'єднання

Шліцеві з'єднання більш складні з точки зору конструкції та технології виготовлення, ніж шпонкові. Але вони забезпечують точніше розташування деталі на валу і дають змогу передавати значно більші обертові моменти при меншому поперечному перерізі вала. Крім того, вони довговічні і зносостійкі.

Центрові отвори на валах призначені для базування валів в центрах при обробці на токарних та шліфувальних верстатах.

Призначення інших конструктивних елементів валів: різеві поверхні, лиски, пази, фаски тощо визначається функціональним призначенням вала та його поверхонь.

Більш детальну інформацію про будову та конструктивні особливості валів можна віднайти в спеціалізованій літературі або на компетентних інформаційних ресурсах мережі Internet.

4.2 Оснащення роботи

Складальні кресленики, альбоми конструкцій, ескізи типових вузлів, агрегатів, механізмів машин, що містять вали різного функціонального призначення та конструктивного виконання.

4.3 Методика виконання роботи

Для отримання за виконання лабораторної роботи мінімальної кількості **60 балів** необхідно обов'язково виконати нижченаведені 6 індивідуальних завдань у вказаній послідовності:

1. Виконати ілюстрацію (ескіз, рисунок, 3D-модель) однієї або кількох складальних одиниць, що містять вали або інші подібні нестандартні деталі різного конструктивного виконання та функціонального призначення.
2. Вибрати **три вали** або інші подібні нестандартні деталі різного конструктивного виконання та функціонального призначення.
3. Визначити і сформулювати основні та допоміжні функції вибраних **трьох валів**.
4. Виконати ескізи вибраних **трьох валів** з позначенням поверхонь. Приклад див. рисунок 4.8.

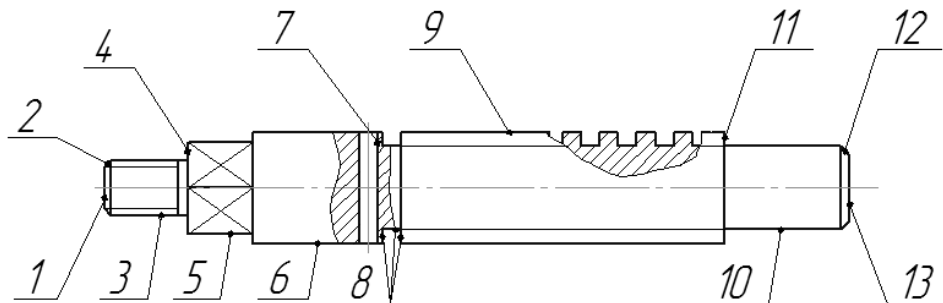


Рисунок 4.8 – До визначення функцій поверхонь вала

5. На основі функціонального призначення кожного з валів визначити їх виконавчі поверхні, основні та допоміжні бази. Даний пункт рекомендується оформити у вигляді таблиці 4.1 за прикладом, що наведено нижче.

Таблиця 4.1 - Види та функції поверхонь вала

Функції	Вид поверхні	Позначення поверхонь
Перетворення обертального руху вала в зворотно-поступальне переміщення напівмуфти	Виконавчі поверхні	9
Визначення положення рукоятки		5
Визначення положення вала	Основні бази	6, 7, 10
Визначення положення рукоятки	Допоміжні бази	5
Визначення положення гайки		3

6. Виконати кресленики вибраних **трьох валів**.

Для отримання за виконання лабораторної роботи **понад 60 балів**, здобувач вищої освіти самостійно, залежно від оцінки, на яку претендує, додатково за вищенаведеною методикою виконує функціональний аналіз та кресленик додатково **одного вала** або іншої подібної нестандартної деталі (15 балів).

4.4 Інформація до складання звіту

1. У підрозділі «Результати виконання роботи» виконати завдання, наведені в методиці виконання роботи залежно від кількості балів, на яку претендує здобувач вищої освіти за виконання лабораторної роботи.
2. У підрозділі «Висновки» сформулювати основні результати і навички, отримані при виконанні лабораторної роботи відповідно до вибраних індивідуальних завдань.

4.5 Питання для самостійної підготовки

1. Яке типове функціональне призначення валів ?
2. Які типи валів перетворюють обертальний рух у зворотно-поступальне переміщення і навпаки?
3. Які існують конструктивні різновиди валів?
4. Як вали мають типові конструктивні елементи?
5. Яке призначення цапф валів?
6. Для чого призначені галтелі?
7. Яке призначення технологічних канавок для виходу різального інструменту?
8. За допомогою яких конструктивних елементів вали передають обертовий момент?

Лабораторна робота №5 Корпуси

Мета роботи: ознайомлення з конструктивними особливостями, функціональним призначенням корпусних деталей, набуття навичок функціонального аналізу.

5.1 Короткі теоретичні відомості

Корпусні деталі машин, вузлів та механізмів є її базовими елементами і призначені для розміщення в них інших деталей і складальних одиниць, точність відносного положення яких повинна забезпечуватись як в статиці, так і в процесі роботи машини під навантаженням. У відповідності з цим корпусні деталі повинні мати необхідну точність, жорсткість і вібростійкість, які забезпечують потрібне відносне положення з'єднаних деталей і вузлів, правильність роботи механізмів і відсутність вібрації.

Найбільш часто основною функцією (**ФО**) корпусних деталей є забезпечення сталої точності відносного розташування деталей машини (вузла, механізму) в статиці та в процесі роботи під навантаженням.

Типові допоміжні функції корпусних деталей:

ФД₁ – орієнтування деталей ... ;

ФД₂ – забезпечення жорсткості конструкції;

ФД₃ – гасіння вібрацій;

ФД₄ – забезпечення плавності переміщення (обертання)...;

ФД₅ – визначення положення ... на рамі...;

ФД₆ – забезпечення показників надійності ... протягом встановленого гарантованого терміну експлуатації.

ФД₇ – забезпечення вимог безпеки при складанні і експлуатації ...

Конструктивне виконання корпусних деталей, матеріал і необхідні параметри точності визначаються їх функціональним призначенням, вимогами до роботи механізмів і умовами їх експлуатації.

Деталі спільного функціонального призначення утворені сукупністю однакових поверхонь і подібні за конструктивним виконанням утворюють певний вид. Систематизація видів корпусних та інших деталей має на меті узагальнення певних особливостей технологічних процесів виготовлення деталей кожного виду для досягнення заданих параметрів точності, показників якості, економічності. Класифікація корпусних деталей за видами представлена в [1] та наведена на рисунку 5.1.

Вид 1: корпусні деталі коробчастої форми (коробки швидкостей і подач верстатів, корпуси редукторів тощо) (рис. 5.1, а). Корпуси коробчастої форми можуть бути суцільними і роз'ємними.

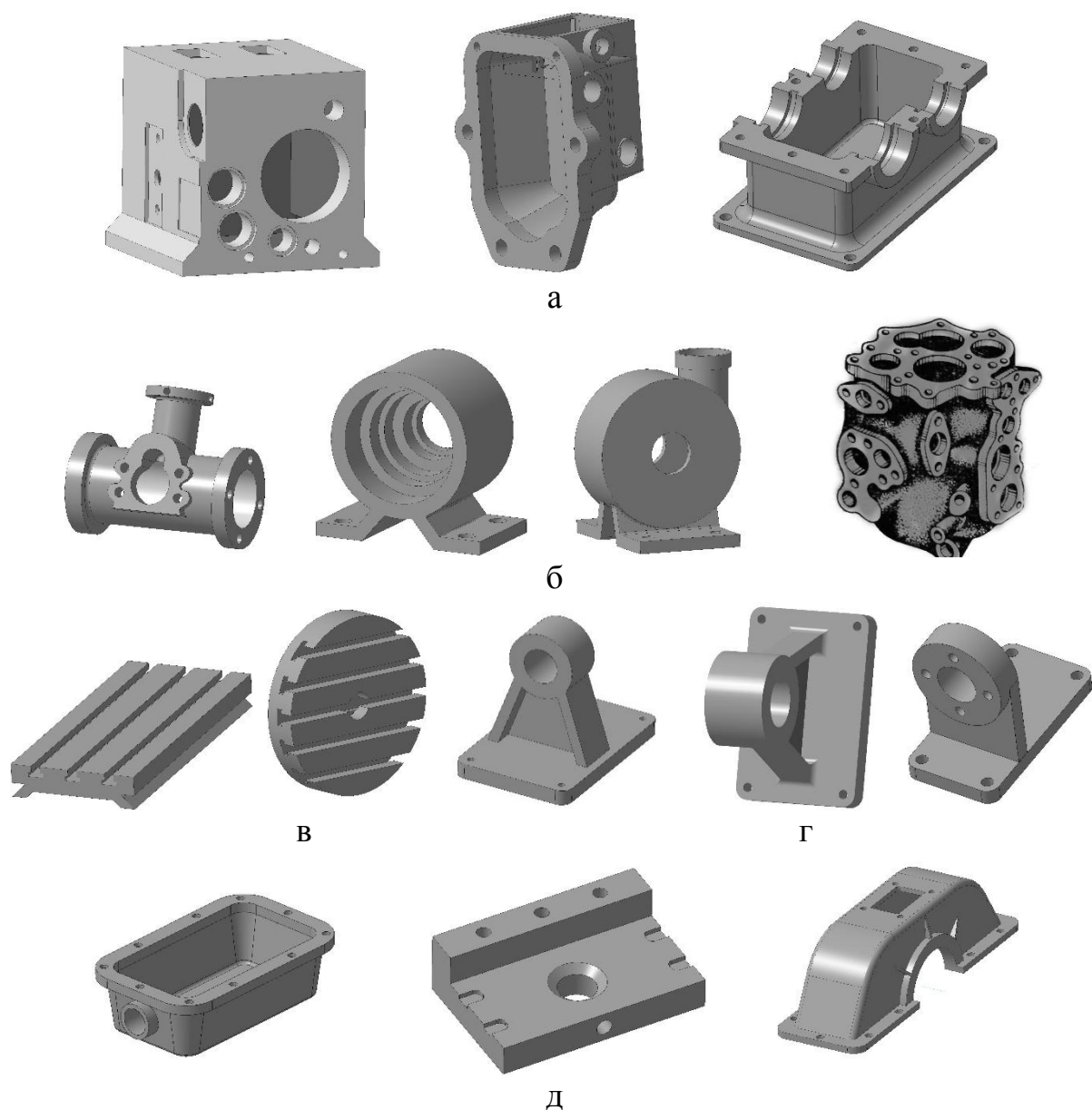


Рисунок 5.1 – Основні види корпусних деталей

Вид 2: корпусні деталі складної просторової форми (корпуси відцентрових насосів, корпуси мотор-редукторів, корпуси трійників, вентилів, кранів) (див. рис. 5.1, б).

Вид 3: рухомі корпусні деталі, які здійснюють прямолінійний або обертальний рух (каретки, супорти, повзуни, планшайби, полозки, столи, супутники тощо) (див. рис. 5.1, в).

Вид 4: кронштейни, кутики, стояки (див. рис. 5.1, г).

Вид 5: плити, кришки, кожухи, піддони (див. рис. 5.1, д).

Вибір матеріалів для виготовлення корпусних деталей визначається їх службовим призначенням і умовами роботи. Виходячи з цього, використовують, головним чином, сірий чавун, рідше вуглецеву сталь, ковкий чавун, леговану сталь та сплави кольорових металів.

Сірий чавун є основним конструкційним матеріалом корпусних деталей через невисоку вартість та добрі ливарні властивості, які дозволяють отримувати виливки складної конфігурації. [1]

Крім цього сірий чавун легко обробляється різанням і має непогані фізико-механічні властивості, які можна змінювати модифікацією складу і термічною обробкою, та високе демпферування коливань.

Вихідні заготовки корпусних деталей виготовляють головним чином литтям, оскільки основним конструктивним матеріалом є чавун (рідше сталь). Іноді використовують зварні або комбіновані заготовки, частини яких виготовлені різними методами. Наприклад штампо-зварні вихідні заготовки застосовують в основному в одиничному і дрібносерійному виробництвах для корпусів простої геометричної форми, що сприймають ударні навантаження. Такі заготовки мають в 1,5...2 рази меншу масу порівняно з вилівками, але вимагають суттєвих витрат на розкрій, обробку складових з листового матеріалу, на зварювальні пристрої та сам процес зварювання.

Зварні заготовки корпусних деталей, залежно від конструкції, матеріалу, технічних вимог та виливки з сірого чавуну, як правило, піддають низькотемпературному відпалюванню для зняття внутрішніх (залишкових) напружень, підвищення в'язкості, попередження жолоблення і виникнення тріщин при механічній обробці та експлуатації. [1]

До корпусних деталей пред'являють технічні вимоги щодо жорсткості, міцності, точності, герметичності, мінімальності термічних деформацій, зручності складання і розбирання тощо.

Серед цих вимог найважливішими є вимоги до точності розмірів, форми та відносного розташування виконавчих і базових поверхонь.

Залежно від конструктивного виконання та складності до корпусних деталей пред'являють наступні технічні вимоги, що характеризують різні параметри їх геометричної точності.

1. Точність геометричної форми плоских поверхонь, що є основними і допоміжними базами. Вона регламентується як прямолінійність поверхні у заданому напрямку на певній довжині і як площинність поверхні в межах її габаритних розмірів. Для поверхонь розміром до 500 мм відхилення від площинності та паралельності знаходяться у межах 0,01 - 0,07 мм, а у відповідальних корпусів 0,002 - 0,005 мм.

2. Точність відносного повороту плоских базуючих поверхонь. Граничні відхилення від паралельності або перпендикулярності однієї плоскої поверхні відносно іншої складають 0,015/200 мм - 0,1/200 мм, а для корпусних деталей підвищеної точності – 0,003/200 мм - 0,01/200 мм.

3. Точність відстані між двома паралельними площинами. Для більшості корпусних деталей вона знаходиться в межах 0,02 - 0,5 мм, а у корпусів підвищеної точності – 0,005 - 0,01 мм.

4. Точність діаметральних розмірів та геометричної форми отворів. Діаметральні розміри головних отворів, які виконують в основному роль баз під підшипники, відповідають 6 - 11-му квалітетам. Відхилення геометричної форми отворів – некруглість у поперечному перетині, конусність або зігнутість у повздовжньому перетині знаходяться у межах 1/5 - 1/2 допуску на діаметр отвору.

5. Точність відносного кутового положення вісей отворів. Відхилення від паралельності і перпендикулярності вісей головних отворів відносно плоских поверхонь складають 0,01/200 мм - 0,15/200 мм, граничні кутові відхилення осі одного отвору відносно осі іншого – 0,005/200 мм - 0,1/200 мм.

6. Точність відстані від осей головних отворів до базової площини для більшості корпусних деталей складає 0,02 - 0,5 мм. Точність відстані між вісями головних отворів 0,01 - 0,15 мм. Співвісність отворів у межах 0,002 - 0,05 мм.

7. Параметр шорсткості плоских базових поверхонь Ra 2,5 - 0,63 мкм, параметр шорсткості поверхонь головних отворів Ra 1,25 - 0,16 мкм, а для відповідальних деталей до Ra 0,08 мкм.

5.2 Оснащення роботи

Складальні кресленики, альбоми конструкцій, ескізи типових вузлів, агрегатів, механізмів машин, що містять корпусні деталі різного функціонального призначення та конструктивного виконання.

5.3 Методика виконання роботи

Для отримання за виконання лабораторної роботи мінімальної кількості **60 балів** необхідно обов'язково виконати нижченаведені 6 індивідуальних завдань у вказаній послідовності:

1. Виконати ілюстрацію (ескіз, рисунок, 3D-модель) однієї або кількох складальних одиниць, що містять корпусні деталі різного конструктивного виконання та функціонального призначення.
2. Вибрати **дві корпусні деталі** різного конструктивного виконання та функціонального призначення.
3. Визначити і сформулювати основні та допоміжні функції вибраних **двох корпусів**.

4. Виконати ескізи вибраних **двох корпусів** з позначенням поверхонь.
Приклад див. рисунок 5.2.

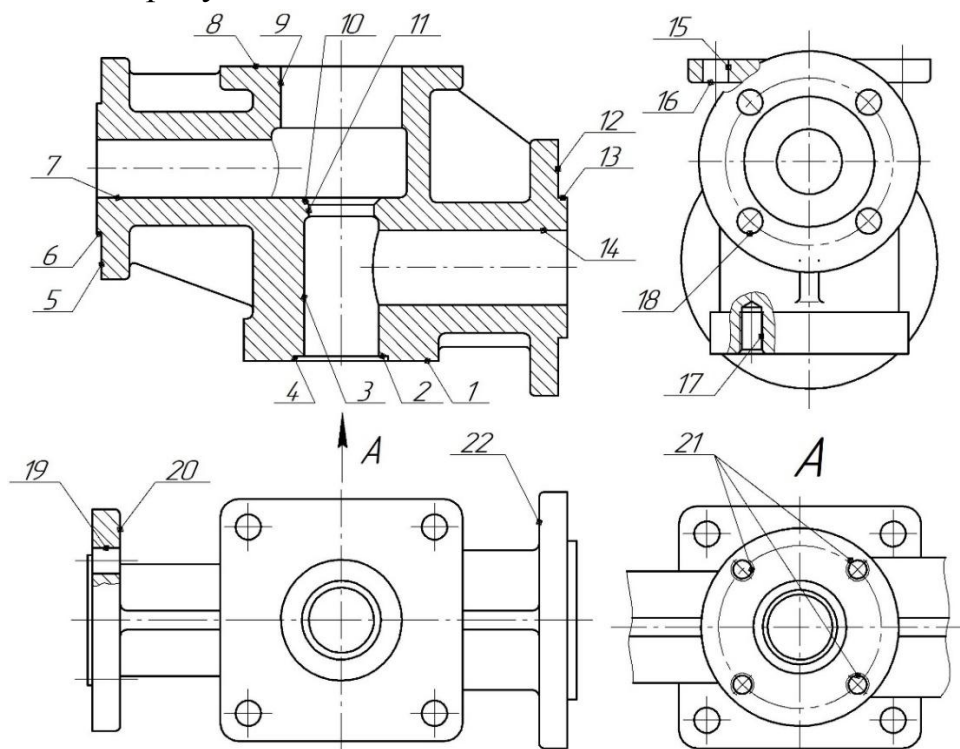


Рисунок 5.2 – До визначення функцій поверхонь корпусу

5. На основі функціонального призначення кожного з корпусів визначити їх виконавчі поверхні, основні та допоміжні бази. Даний пункт рекомендується оформити у вигляді таблиці 5.1 за прикладом, що наведено нижче.

Таблиця 5.1 - Види та функції поверхонь корпусу

Функції поверхонь	Вид поверхні	Позначення поверхонь
Базування корпусу	Основні бази	1, 4, 17
Забезпечити сталу точність відносного розташування деталей клапана	Виконавчі поверхні	8, 9, 10
Забезпечувати рухомість клапана	Виконавчі поверхні	9
Базування клапана в системі живлення двигуна	Виконавчі поверхні	1, 4, 17
Сполучення трубопроводів системи живлення двигуна	Виконавчі поверхні	3, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14
Визначення положення торців приєднаних патрубків	Допоміжні бази	5, 6, 12, 13
Визначення положення торців кріпильних болтів	Допоміжні бази	16, 20, 22
Визначення положення кріпильних болтів	Допоміжні бази	15, 18, 19
Визначення положення кріпильних болтів	Допоміжні бази	21

Визначення положення кришки	Допоміжні бази	8, 15
-----------------------------	----------------	-------

6. Виконати кресленики вибраних **двох корпусів**.

Для отримання за виконання лабораторної роботи **понад 60 балів**, здобувач вищої освіти самостійно, залежно від оцінки, на яку претендує, додатково за вищенаведеною методикою виконує функціональний аналіз та кресленик додатково **однієї корпусної деталі** (20 балів за кожен деталь).

5.4 Інформація до складання звіту

1. У підрозділі «Результати виконання роботи» виконати завдання, наведені в методиці виконання роботи залежно від кількості балів, на яку претендує здобувач вищої освіти за виконання лабораторної роботи.
2. У підрозділі «Висновки» сформулювати основні результати і навички, отримані при виконанні лабораторної роботи відповідно до вибраних індивідуальних завдань.

5.5 Питання для самостійної підготовки

1. Яке типове функціональне призначення корпусних деталей ?
2. Як формулюється основна функція корпусних деталей?
3. Як допоміжні функції виконують корпусні деталі?
4. Які існують конструктивні різновиди корпусних деталей?
5. Які найпоширеніші матеріали використовують для виготовлення корпусів?
6. Проаналізуйте технічні вимоги та геометричні параметри точності корпусних деталей.

Лабораторна робота №6 Деталі зубчастих передач

Мета роботи: ознайомлення з конструктивними особливостями, функціональним призначенням деталей зубчастих передач, набуття навичок функціонального аналізу.

6.1 Короткі теоретичні відомості

Зубчасті передачі служать для перетворення або передачі обертального руху між валами, вісі яких паралельні, мимобіжні або перетинаються, зміни напрямку і швидкості руху, перетворення сил і крутних моментів, а також для перетворення обертального руху в поступальний чи коливальний. Зубчасті передачі виконують у вигляді двох зубчастих коліс, зубчастого колеса і рейки, черв'яка і черв'ячного колеса, а також зубчастих деталей особливої форми [1].

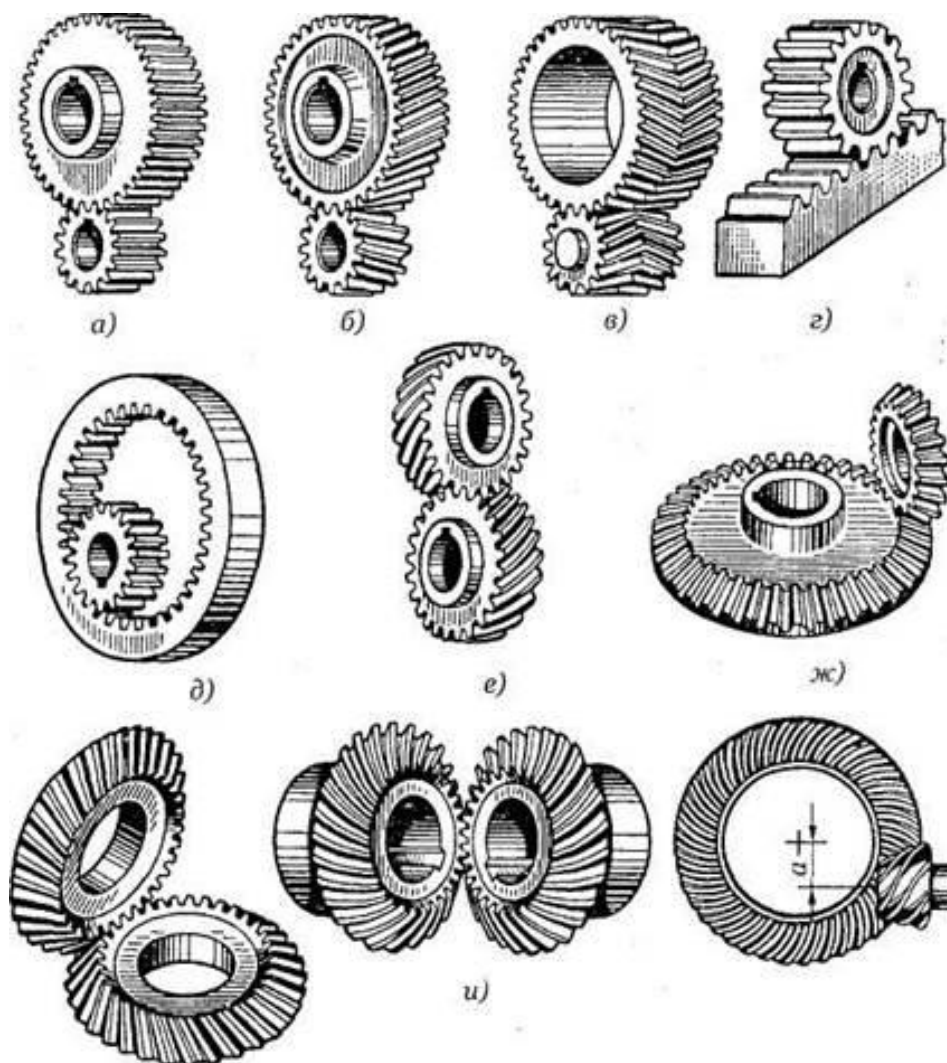


Рисунок 6.1 – Види зубчастих передач: *a, б, в* – циліндричні зубчасті передачі із зовнішнім зачепленням; *г* – рейкова передача; *д* – циліндрична передача із

внутрішнім зачепленням; e – зубчаста гвинтова передача; $ж, з, и$ – конічні зубчасті передачі; $к$ – гіпоїдна передача

Залежно від конструкції та призначення зубчастої передачі розрізняють наступні типові основні функції зубчастих коліс:

ФО₁ – передача обертання між валами передачі;

ФО₂ – передача крутного моменту між валами передачі;

ФО₃ – перетворення обертального руху в поступальний (коливальний) і навпаки.

Типові допоміжні функції зубчастих коліс:

ФД₁ – забезпечення перетворення частоти обертання з передавальним відношенням $i = \dots$;

ФД₂ – забезпечення величини крутного моменту $M_{кр} = \dots$ Н·м;

ФД₃ – забезпечення рівня шуму в межах \dots дБ;

ФД₄ – забезпечення реверсивного руху;

ФД₅ – забезпечення необхідних показників надійності і довговічності протягом $\dots \pm \dots$ годин машинного часу.

ФД₆ – забезпечення вимог безпеки при виготовленні та експлуатації.

Зубчаста передача складається з двох зубчастих коліс – **ведучого** і **веденого**.

Термін «зубчасте колесо» є загальним. Зубчасте колесо з меншим числом зубів називають **шестернею**, а більше за розмірами і кількістю зубів – **колесом**.

Переваги зубчастих коліс:

- постійність передавального відношення;
- висока навантажувальна здатність (до $N=50000$ кВт);
- високий ККД (до 0,97-0,99 для однієї пари коліс);
- малі габаритні розміри в порівнянні з іншими видами передач за інших рівнозначних умов;
- простота обслуговування;
- порівняно невеликі навантаження на вали і опори.

Недоліки зубчастих коліс:

- неможливість безступінчастої зміни передавального відношення;
- високі вимоги до точності виготовлення і монтажу;
- підвищена шумність деяких видів передач на високих швидкостях;
- погані демпфуючі властивості;
- громіздкість при великих відстанях між осями ведучого та веденого валів;
- технологічна складність виготовлення;

- висока жорсткість, що не дозволяє компенсувати динамічні коливання і навантаження.

До деталей зубчастих передач, з огляду на їх функціональне призначення та конструктивні особливості висувають наступні типові вимоги:

- точність зубчастих коліс (забезпечення кінематичної точності і плавності);
- довговічність зубчастих коліс;
- надійність зубчастих коліс;
- можливість передачі великих крутних моментів (з урахуванням таких факторів, як тертя, високі навантаження, знакозмінні навантаження);
- мінімальна вартість зубчастих коліс;
- можливість реалізації додаткових функцій (наприклад, наявність вінців синхронізаторів тощо).

Залежно від функціонального призначення більшість зубчастих коліс виготовляють з вуглецевих або легованих сталей з відповідною термічною обробкою. Слабонавантажені колеса виготовляють з низьковуглецевих сталей, чавуну і пластмас. Матеріалами для виготовлення важконавантажених зубчастих коліс є цементовані гартовані вуглецеві і леговані сталі [1].

Леговані сталі допускають більшу за глибиною гартуємість і меншу деформацію порівняно з вуглецевими. Найпоширеніші 20Х, 40Х, 40ХГ, 35ХН, ХГТ, 12ХНЗА тощо [1].

Зубчасті колеса, що працюють при малих колових швидкостях і передають невеликі сили виготовляють з сірого чавуну СЧ15 та СЧ21 [1].

Останнім часом знаходять використання зубчасті колеса з полімерних матеріалів. Такі колеса краще задовольняють вимогам безшумності при високих швидкостях (40-50 м/с) і працюють в парі зі сталевими загартованими або чавунними колесами, гасять вібрації. [1]

6.2 Оснащення роботи

Складальні кресленики, альбоми конструкцій, ескізи типових вузлів, агрегатів, механізмів машин, що містять зубчасті передачі різного функціонального призначення та конструктивного виконання.

6.3 Методика виконання роботи

Для отримання за виконання лабораторної роботи мінімальної кількості **60 балів** необхідно обов'язково виконати нижченаведені 6 індивідуальних завдань у вказаній послідовності:

1. Виконати ілюстрацію (ескіз, рисунок, 3D-модель) однієї або кількох складальних одиниць, що містять зубчасті передачі різного конструктивного виконання та функціонального призначення.
2. Вибрати **дві деталі**, що відносяться до **класу зубчастих передач** різного конструктивного виконання.
3. Визначити і сформулювати основні та допоміжні функції вибраних **двох деталей зубчастих передач**.
4. Виконати ескізи вибраних **двох деталей зубчастих передач** з позначенням поверхонь. Приклад див. рисунок 6.2.

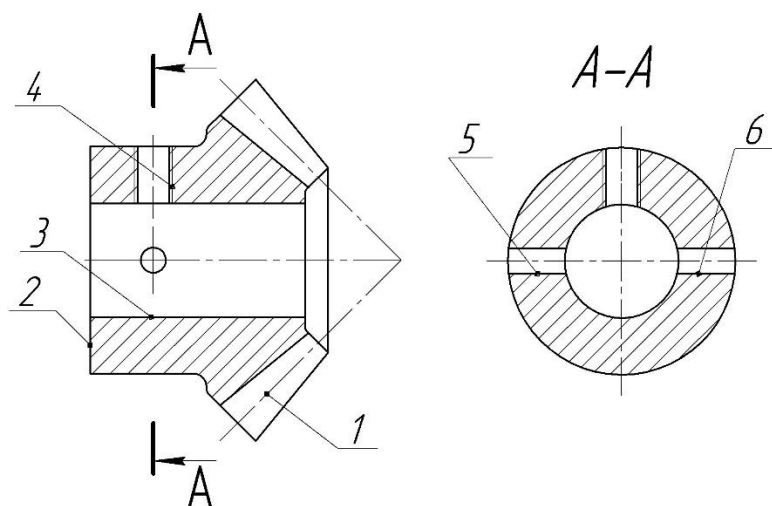


Рисунок 6.2 – До визначення функцій поверхонь зубчатого колеса

5. На основі функціонального призначення кожної з деталей зубчастих передач визначити їх виконавчі поверхні, основні та допоміжні бази. Даний пункт рекомендується оформити у вигляді таблиці 6.1 за прикладом, що наведено нижче.

Таблиця 6.1 - Види та функції поверхонь зубчатого колеса

Функції	Вид поверхні	Позначення поверхонь
Передавання крутного моменту від приводного вала машини на вертикальні вали 2 ведучих барабанів 3	Виконавчі поверхні	1,5,6
Визначення положення зубчатого колеса в складальній одиниці	Основні бази	3,5
Визначення положення шайби	Допоміжні бази	2

Визначення положення фіксуючого гвинта	Допоміжні бази	4
--	----------------	---

6. Виконати кресленики вибраних двох деталей зубчастих передач.

Для отримання за виконання лабораторної роботи **понад 60 балів**, здобувач вищої освіти самостійно, залежно від оцінки, на яку претендує, додатково за вищенаведеною методикою виконує функціональний аналіз та кресленик додатково **однієї деталі**, що відноситься до класу зубчастих передач (**15 балів за кожну деталь**).

6.4 Інформація до складання звіту

1. У підрозділі «Результати виконання роботи» виконати завдання, наведені в методиці виконання роботи залежно від кількості балів, на яку претендує студент за виконання лабораторної роботи.
2. У підрозділі «Висновки» сформулювати основні результати і навички, отримані при виконанні лабораторної роботи відповідно до вибраних індивідуальних завдань.

6.5 Питання для самостійної підготовки

1. Яке типове функціональне призначення деталей зубчастих передач ?
2. Які існують типи зубчастих передач?
3. Яка основна функція зубчастих коліс?
4. Які типові допоміжні функції виконують зубчасті колеса?
5. Сформулюйте вимоги до зубчастих коліс.
6. Проаналізуйте переваги і недоліки зубчастих коліс.

Лабораторна робота №7 Важелі та вилки

Мета роботи: ознайомлення з конструктивними особливостями, функціональним призначенням деталей типу важелі та вилки, набуття навичок їх функціонального аналізу.

7.1 Короткі теоретичні відомості

Важелі і вилки є ланками кінематичних ланцюгів машини. Конструктивне виконання важелів і вилок, матеріал і необхідні параметри точності визначаються їх функціональним призначенням, вимогами до роботи механізмів, де вони встановлюються і умовами їх експлуатації.

Деякі типові конструкції важелів наведено на рисунку 7.1

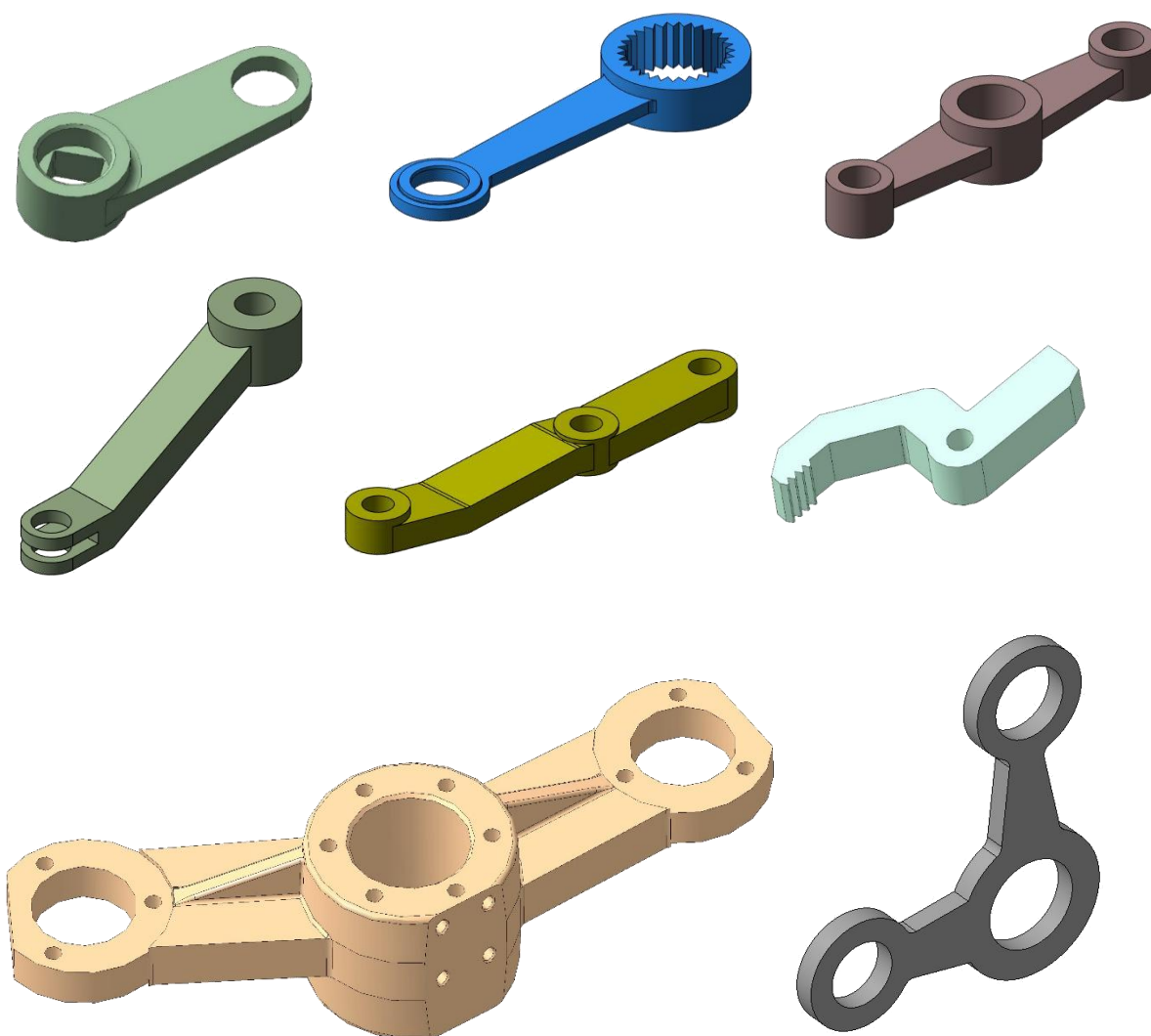


Рисунок 7.1 – Деякі типові конструкції важелів

Важелі служать для передачі зусилля сполученим деталям, для необхідного їх переміщення з потрібною швидкістю і траєкторією або фіксації їх положення відносно інших деталей.

Залежно від конструкції та призначення вузла, де встановлюється важіль, розрізняють наступні можливі типові основні функції важелів:

ФО₁ – передача зусилля (моменту) сполученим деталям;

ФО₂ – фіксація положення деталей;

ФО₃ – зворотно-поступальне (обертальне) переміщення...;

ФО₄ – перетворення обертального руху в поступальний (коливальний) і навпаки.

Типові допоміжні функції важелів:

ФД₁ – орієнтування (базування) деталей ... ;

ФД₂ – жорсткість конструкції для сприймання навантажень (зусиль);

ФД₃ – забезпечення показників надійності протягом ...±... годин машинного часу;

ФД₄ – забезпечення вимог безпеки при виготовленні та експлуатації.

Конкретні основні та допоміжні функції важелів формулюються залежно від функціонального призначення вузла, де вони встановлюються.

Базування важелів у механізмах і вузлах здійснюється за посадочним отвором – гладким циліндричним чи конічним, а іноді шліцевим, які залежно від їх довжини є основною подвійною опорною або подвійною напрямною базами.

Оскільки важіль зазвичай не сприймає значних осьових навантажень, то один з торців його базового отвору є опорною базою.

Вилки (рисунок 7.2) призначені для зворотно-поступального переміщення елементів кінематичних і динамічних зв'язків машини (муфт, зубчастих коліс тощо).

Розрізняють вилки двох видів: вилки перемикання і вилки шарнірних з'єднань.

Вилки перемикання призначені для зворотно-поступального переміщення елементів кінематичних і динамічних зв'язків машини (муфт, зубчастих коліс тощо). Такі деталі на боках вилки мають плоскі виконавчі поверхні або отвори для сухарів з допомогою яких виконується перемикання. Для мінімального перекосу вилки, вона базується по основній базі – високоточному довгому отвору (подвійній напрямній базі).

Вилки шарнірних з'єднань (шарнірні вилки) використовуються як проміжні деталі шарнірних з'єднань. Зазвичай для виконання свого функціонального призначення вилки мають вушка з співвісними циліндричними отворами в них. Основною подвійною напрямною базою вилки є поверхня різевого або гладкого отвору в хвостовику або зовнішня гладка циліндрична чи різева поверхня хвостовика.

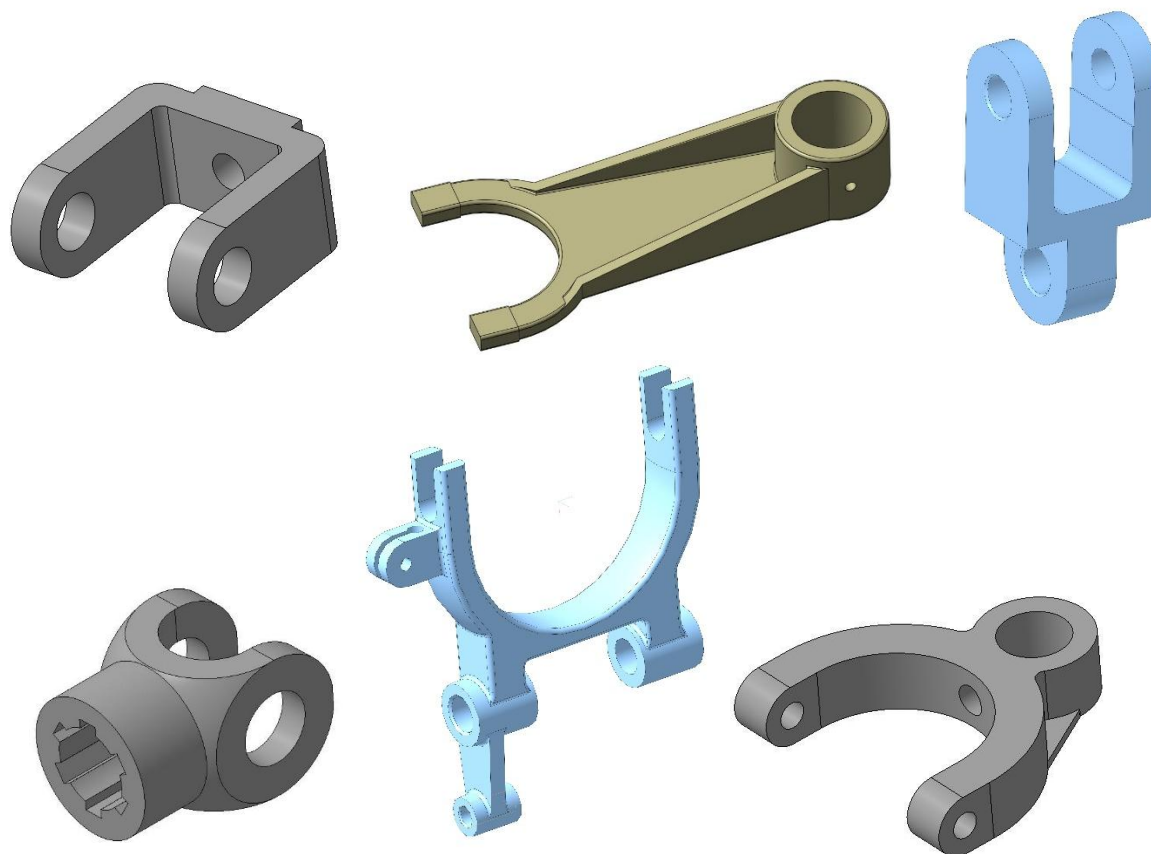


Рисунок 7.2 – Деякі типові конструкції вилок

Залежно від конструкції та призначення вузла, де встановлюється вилка, вони можуть виконувати наступні типові основні функції:

ФО₁ – передача зусилля сполученим деталям;

ФО₂ – зворотно-поступальне (обертальне) переміщення деталей;

ФО₃ – з'єднання деталей;

ФО₄ – фіксація положення деталей;

Типові допоміжні функції важелів:

ФД₁ – орієнтування (базування) деталей ... ;

ФД₂ – жорсткість для сприймання навантажень (зусиль);

ФД₃ – забезпечення показників надійності протягом ...±... годин машинного часу;

ФД₄ – забезпечення вимог безпеки при складанні і експлуатації.

Наведений перелік основних та допоміжних функцій може варіюватися шляхом доповнення або виключення деяких функцій залежно від функціонального призначення вилки.

7.2 Оснащення роботи

Складальні кресленики, альбоми конструкцій, ескізи типових вузлів, агрегатів, механізмів машин, що містять важелі та вилки різного функціонального призначення та конструктивного виконання.

7.3 Методика виконання роботи

Для отримання за виконання лабораторної роботи мінімальної кількості **60 балів** необхідно обов'язково виконати нижченаведені 6 індивідуальних завдань у вказаній послідовності:

1. Виконати ілюстрацію (ескіз, рисунок, 3D-модель) однієї або кількох складальних одиниць, що містять вилки або важелі різного конструктивного виконання та функціонального призначення.
2. Вибрати **одну вилку і один важіль**.
3. Визначити і сформулювати основні та допоміжні функції вибраних **вилки і важеля**.
4. Виконати ескізи вибраних **вилки і важеля** з позначенням поверхонь.

Приклад див. рисунок 7.3.

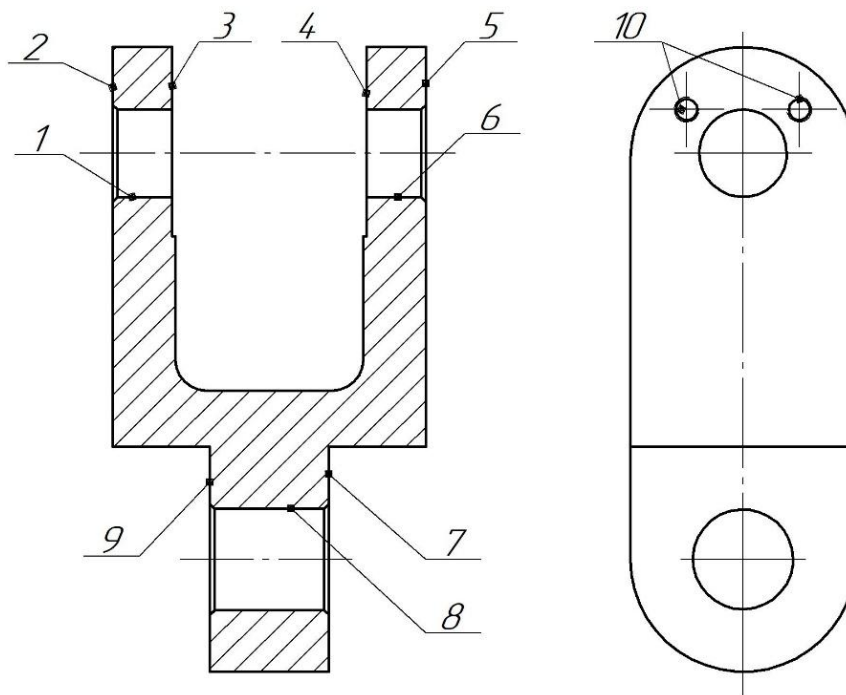


Рисунок 7.3 – До визначення функцій поверхонь вилки

5. На основі функціонального призначення кожної з вибраних деталей визначити їх виконавчі поверхні, основні та допоміжні бази. Даний пункт рекомендується оформити у вигляді таблиці 7.1 за прикладом, що наведено нижче.
6. Виконати кресленики вибраних **вилки і важеля**.

Таблиця 7.1 – Функції поверхонь вилки

Функції поверхонь	Вид поверхні	Позначення поверхонь
Забезпечення сталої точності розташування блока	Виконавчі поверхні	1, 3, 6
Забезпечення сталої точності розташування підвіски		7, 8
Визначення положення осі	Допоміжні бази	1, 5, 6
Визначення положення планки 5.		2, 10
Визначення положення підвіски		7, 8
Визначення положення гвинтів М8, якими кріпиться планка 5 до вилки.		10
Поєднання основних і допоміжних баз, утворення потрібної конфігурації деталі	Вільні поверхні	Всі інші

Для отримання за виконання лабораторної роботи **понад 60 балів**, здобувач вищої освіти самостійно, залежно від оцінки, на яку претендує, додатково за вищенаведеною методикою виконує функціональний аналіз та кресленик додатково однієї деталі, що відноситься до **класу вилок та важелів** (15 балів за кожну деталь).

7.4 Інформація до складання звіту

1. У підрозділі «Результати виконання роботи» виконати завдання, наведені в методиці виконання роботи залежно від кількості балів, на яку претендує здобувач вищої освіти за виконання лабораторної роботи.
2. У підрозділі «Висновки» сформулювати основні результати і навички, отримані при виконанні лабораторної роботи відповідно до вибраних індивідуальних завдань.

7.5 Питання для самостійної підготовки

1. Яке призначення важелів?
2. Яке призначення вилок?
3. Які існують типи вилок?
4. Сформулюйте типові основні функції важелів та вилок.
5. Які типові допоміжні функції виконують важелі та вилки?

Лабораторна робота №8 Втулки і кришки

Мета роботи: ознайомлення з конструктивними особливостями, функціональним призначенням деталей типу втулки, кришки, фланці, набуття навичок виконання їх функціонального аналізу.

8.1 Короткі теоретичні відомості

До деталей класу втулок відносять втулки, гільзи, стакани, штуцери, вкладиші та інші подібні деталі (рисунок 8.1), які утворені зовнішніми і внутрішніми поверхнями обертання і мають прямолінійну вісь.

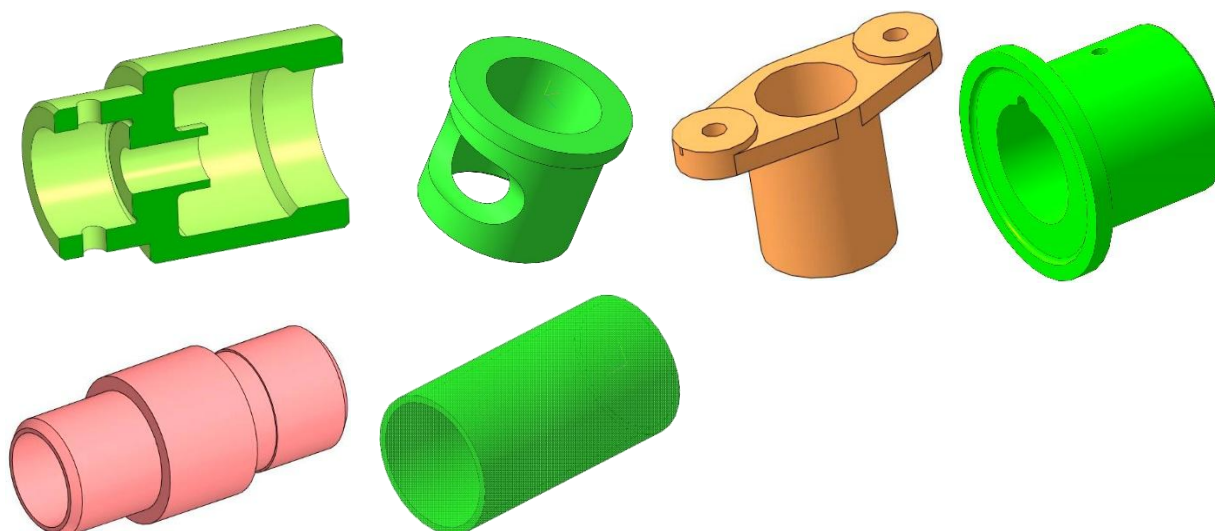


Рисунок 8.1 – Деякі типові конструкції деталей, що відносять до типу втулок

Втулки, зазвичай, мають форму порожнистого циліндра довжиною 1,5...2,5 зовнішніх діаметрів. Залежно від форми зовнішніх поверхонь втулки поділяють на гладкі і з буртом

Конструктивне виконання втулок, матеріал і необхідні параметри точності визначаються їх функціональним призначенням, вимогами до роботи механізмів, де вони встановлюються і умовами їх експлуатації.

Втулки найчастіше є деталями допоміжного призначення і використовуються для орієнтування і направлення інших деталей. Відповідно, варіантами призначення втулок можуть бути:

- орієнтування валів, осей, виконуючи функцію підшипників ковзання;
- направлення штоків, поршнів та інших подібних деталей
- орієнтування і направлення різального інструменту (кондукторні втулки у верстатних пристроях).

Відповідно типові основні функції втулок наступні:

ΦO₁ – орієнтування (базування) деталей;

ΦO₂ – направлення деталей;

Типові допоміжні функції втулок:

- ФД₁ – забезпечення точності осьового розташування деталей;
- ФД₂ – забезпечення точності радіального розташування деталей;
- ФД₃ – змащення деталей;
- ФД₄ – швидкозмінність;
- ФД₅ – забезпечення показників надійності протягом встановленого гарантованого терміну експлуатації;
- ФД₆ – забезпечення вимог безпеки при складанні та експлуатації.

Наведений перелік основних та допоміжних функцій може варіюватися шляхом доповнення або виключення деяких функцій залежно від функціонального призначення деталі, що відноситься до типу втулок.

Стакани, як різновид деталей класу втулок призначені для базування підшипників кочення (рисунок 8.2).

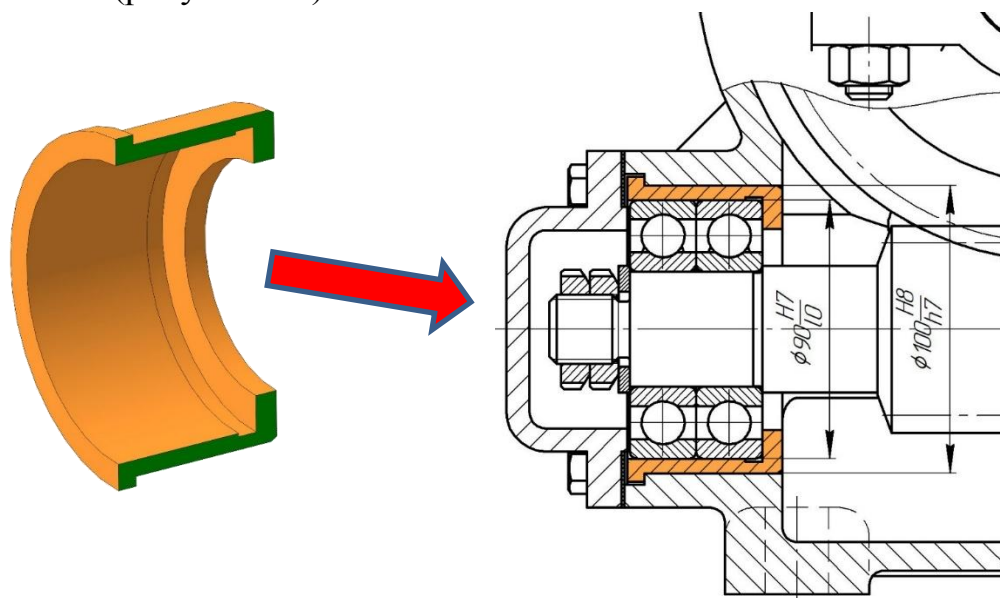


Рисунок 8.2 – До функціонального призначення стакана

Відповідно, основна функція стаканів: **ФО** – базування підшипників кочення

Типові допоміжні функції стаканів:

- ФД₁ – забезпечення точності осьового розташування підшипників кочення;
- ФД₂ – забезпечення точності радіального розташування підшипників кочення;
- ФД₃ – спрощення конструкції корпусу;
- ФД₄ – забезпечення показників надійності протягом встановленого гарантованого терміну експлуатації;
- ФД₅ – забезпечення вимог безпеки при складанні та експлуатації.

Конструкцію стаканів визначає схема розташування підшипників. Типові конструкції стаканів з позначенням конструктивних елементів наведено в посібниках Дунаєва П.Ф. [2].

Кришки використовуються для фіксації осьового положення (базування) підшипників та інших деталей, а також для забезпечення герметичності вузлів.

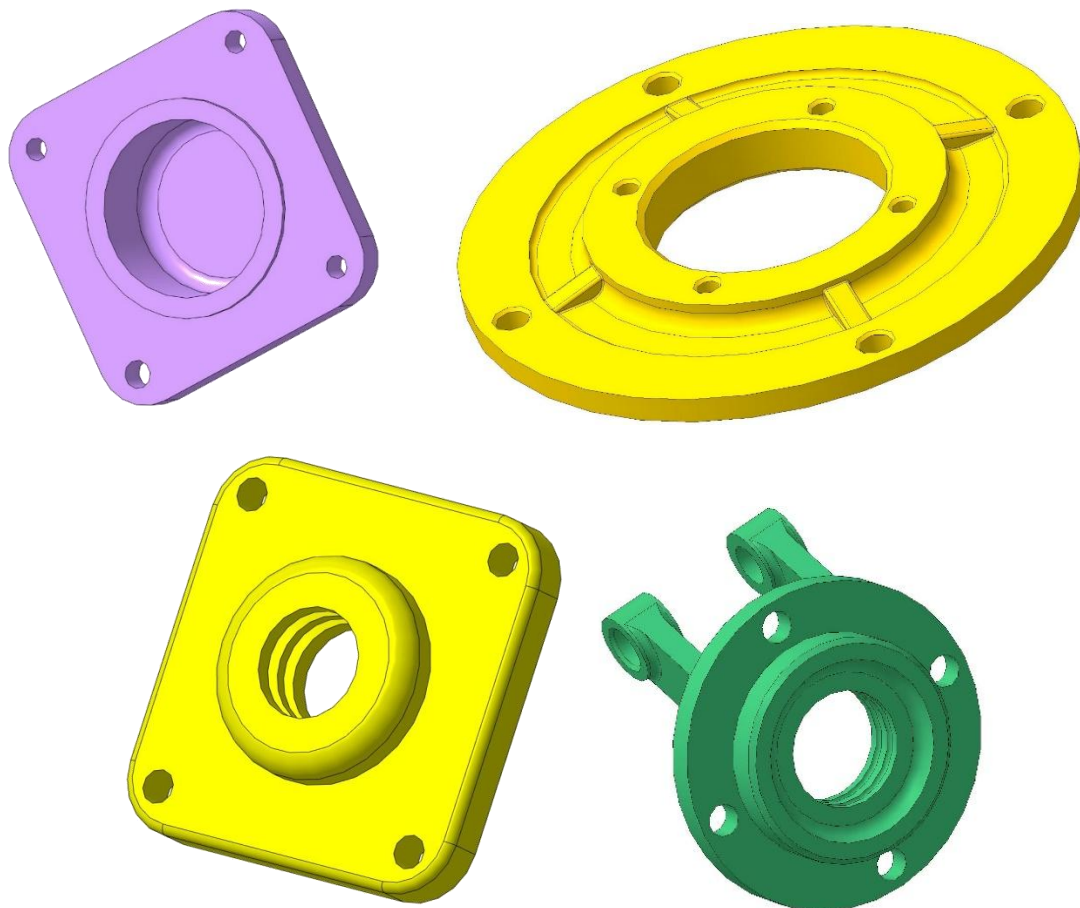


Рисунок 8.3 – Деякі типові конструкції кришок

Відповідно, основними функціями кришок є:

ФО₁ – фіксація осьового положення деталей;

ФО₂ – забезпечення герметичності....

Типовими допоміжними функціями кришок є:

ФД₁ – забезпечення точності осьового розташування підшипників;

ФД₂ – визначення положення деталей...;

ФД₃ – забезпечення показників надійності протягом встановленого гарантованого терміну експлуатації;

ФД₄ – забезпечення жорсткості конструкції;

ФД₅ – забезпечення вимог безпеки при складанні та експлуатації.

Наведений перелік основних та допоміжних функцій кришок може варіюватися шляхом доповнення або виключення деяких функцій залежно від функціонального призначення вузла, де кришка використовується.

Конструкцію кришок визначає їх функціональне призначення. Типові конструкції кришок з нормами точності розташування виконавчих поверхонь та позначенням конструктивних елементів наведено в посібниках Дунаєва П.Ф. [2].

8.2 Оснащення роботи

Складальні кресленики, альбоми конструкцій, ескізи типових вузлів, агрегатів, механізмів машин, що містять втулки, кришки, стакани, фланці та інші подібні деталі різного функціонального призначення та конструктивного виконання.

8.3 Методика виконання роботи

Для отримання за виконання лабораторної роботи мінімальної кількості **60 балів** необхідно обов'язково виконати нижченаведені 6 індивідуальних завдань у вказаній послідовності:

1. Виконати ілюстрацію (ескіз, рисунок, 3D-модель) однієї або кількох складальних одиниць, що містять втулки, кришки, стакани, фланці та інші подібні деталі різного функціонального призначення та конструктивного виконання.
2. Вибрати **три деталі**, що належать до типу втулки, кришки, стакани, фланці та інші подібні.
3. Визначити і сформулювати основні та допоміжні функції вибраних **трьох деталей**.
4. Виконати ескізи вибраних **трьох деталей** з позначенням поверхонь. Приклад див. рисунок 8.4.
5. На основі функціонального призначення кожної з вибраних деталей визначити їх виконавчі поверхні, основні та допоміжні бази. Даний пункт рекомендується оформити у вигляді таблиці 8.1 за прикладом, що наведено нижче.
6. Виконати кресленики вибраних **трьох деталей**, що належать до типу втулки, кришки, стакани, фланці та інші подібні.

Для отримання за виконання лабораторної роботи **понад 60 балів**, здобувач вищої освіти самостійно, залежно від оцінки, на яку претендує, додатково за вищенаведеною методикою виконує функціональний аналіз та

кресленик додатково однієї деталі, що відноситься до типу втулки, кришки, стакани, фланці та інші подібні. (10 балів за кожну деталь).

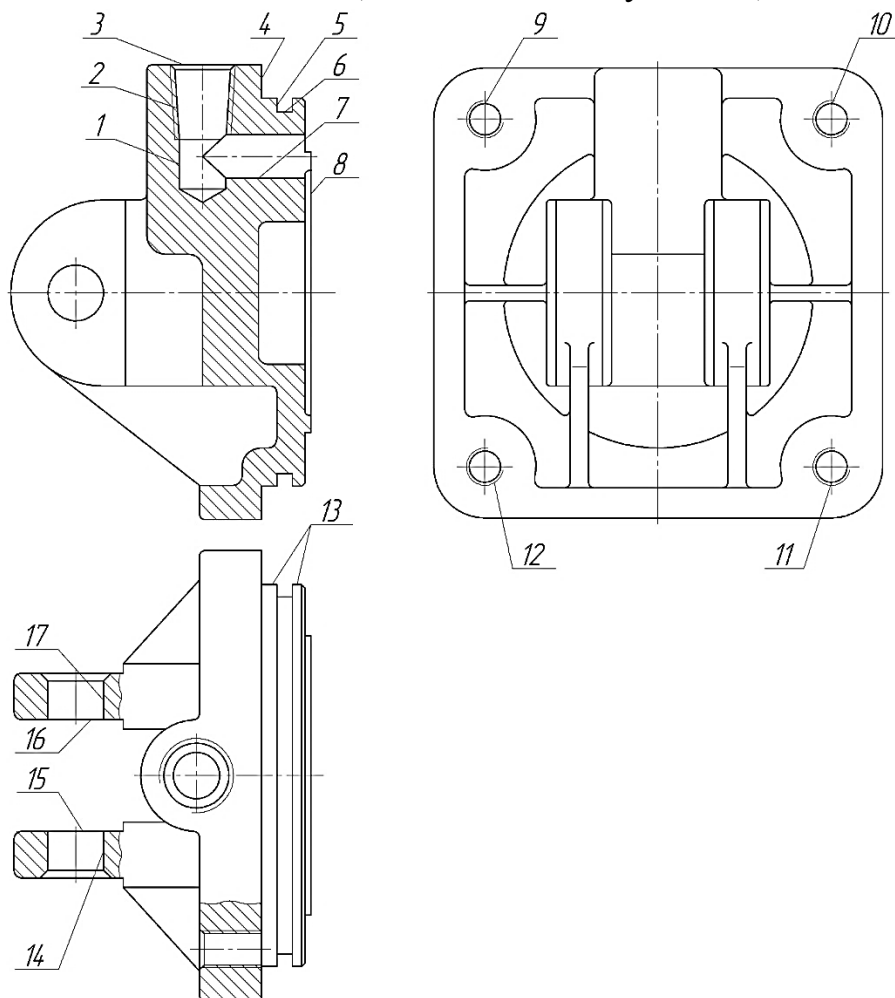


Рисунок 8.4 – До визначення функцій поверхонь кришки пневмоциліндра

Таблиця 8.1 – Функції поверхонь кришки пневмоциліндра

Функції	Вид поверхні	Позначення поверхонь
Базування пневмоциліндра на корпусі пристрою	Виконавчі поверхні	14,15,17
Забезпечення сталої точності розташування гільзи пневмоциліндра		4,13
Обмеження переміщення поршня		8
Подача та відведення стиснутого повітря з пневмоциліндра		1,2,7
Забезпечення герметичності пневмоциліндра		2,4,5,6,13
Визначення положення кришки	Основні бази	4,15,17
Визначення положення штуцера	Допоміжні бази	2,3
Визначення положення гільзи		4,13
Визначення положення кільця		5,6

Визначення положення поршня		8
Визначення положення шпильок		9,10,11,12

8.4 Інформація до складання звіту

1. У підрозділі «Результати виконання роботи» виконати завдання, наведені в методиці виконання роботи залежно від кількості балів, на яку претендує здобувач вищої освіти за виконання лабораторної роботи.
2. У підрозділі «Висновки» сформулювати основні результати і навички, отримані при виконанні лабораторної роботи відповідно до вибраних індивідуальних завдань.

8.5 Питання для самостійної підготовки

1. Яке призначення втулок?
2. Які втулки виконують типові функції?
3. Яке призначення стаканів?
4. Які стакани виконують типові функції?
5. Яке призначення кришок?
6. Які типові функції кришок?

3 Методичні рекомендації з оформлення та представлення індивідуальних завдань до лабораторних робіт

3.1 Рекомендації до виконання аналізу, порівняння, систематизації інформації

Порівняльний аналіз будь-яких конструкцій машин, механізмів, деталей 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.

Систематизувати будь-яку інформацію можна у табличному вигляді або графо-аналітичними методами (діаграми, графіки, схеми тощо). Вибір способу систематизації та представлення інформації – особиста відповідальність студента. Аналіз переваг і недоліків можна представити у вигляді таблиці:

Таблиця 3.1 – Аналіз переваг і недоліків гідравлічних насосів

Тип насоса	Переваги	Недоліки
Шестеренний НШ-160	Перевага 1	Недолік 1
Аксіально-поршковий ВФ10	Перевага 1 Перевага 2 Перевага 3	Недолік 1
Плунжерний НД-15	Перевага 1 Перевага 2	Недолік 1 Недолік 2 Недолік 3

Порівняння властивостей, технічних характеристик, експлуатаційних показників можна представити у вигляді діаграм, табличним або графічним способом.

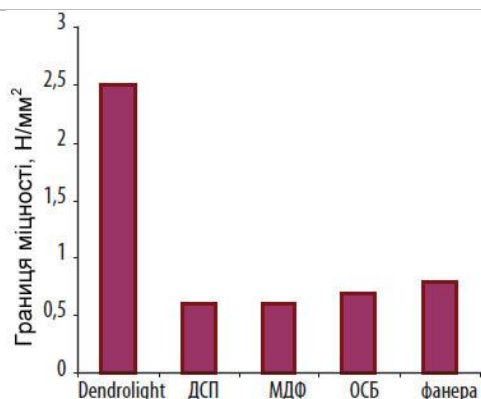


Рисунок 3.1 – Результати випробування міцності на розрив різних

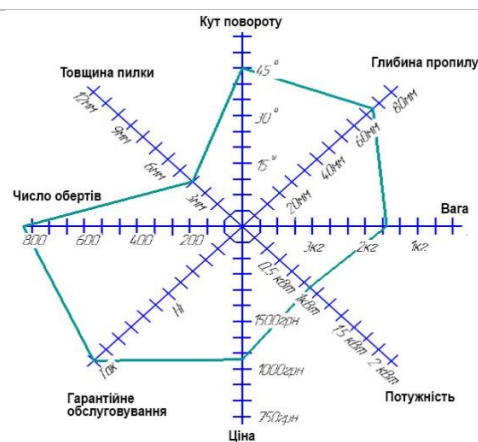


Рисунок 3.2 – Характеристики

Таблиця 3.1 – Порівняння теплоізоляційних властивостей різних будівельних матеріалів

Зовнішній вигляд	Найменування матеріалу	Щільність, кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності Вт/м ² К	Товщина (висота) матеріалу, м
	Бетон DIN EN 12524	2200	1,65	4,43
	Цегла DIN V 4108-4	1200	0,50	1,34
	Масивна деревина DIN EN 12524	500	0,13	0,35
	Клеєна багатошарова будівельна плита DIN EN 12524	500	0,13	0,35
	Dendrolight	300	0,087	0,24

Адекватно порівнювати переваги і недоліки, технічні характеристики можна тільки подібних за призначенням конструкцій.

Можливості пакету програм Microsoft Office дозволяють продемонструвати навички багатьох різних способів систематизації та представлення інформації.

4 Рекомендації щодо оформлення креслеників

Всі кресленики, які виконуються в лабораторних роботах повинні 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 тощо.

4.1 Рекомендації до оформлення складального кресленика

На складальному кресленнику необхідно обов'язково відобразити:

- складальну одиницю в необхідній кількості проєкцій, видів та розрізів 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 в системі, де вона виконує своє функціональне призначення;
- 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 отворів для приєднання трубопроводів, діаметри та розміри, що визначають розташування отворів для закріплення складальної одиниці на рамі, станині;
- розміри з посадками всіх рухомих та нерухомих з'єднань, окрім різевих, які будуть утворюватися в процесі складання машини (вузла, механізму);
- довідкові розміри (на креслениках їх позначають *);
- технічні вимоги.

Специфікація до складального кресленика виконується у відповідності з вимогами ЕСКД і розміщується в кінці лабораторної роботи.

4.2 Рекомендації до оформлення кресленика деталі

При необхідності, рекомендації з розробки креслеників типових деталей наведено в довідниках і посібниках з конструювання деталей машин [1-5].

На кресленику 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.

4.3 Рекомендації для самоперевірки оформлення креслеників

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

Перевірку слід проводити, відповідаючи на запитання:

1. Чи достатньо ясно представлена конструкція на кресленику (ескізі), чи не має необхідності в додаткових перерізах, видах?
2. Чи не захаращений кресленик (ескіз) зайвими проєкціями та зображеннями?
3. Чи всі необхідні технічні характеристики відображені в технічних вимогах? Чи не треба доповнень?
4. Чи відповідає діючим стандартам, правилам та рекомендаціям нанесення розмірів, допусків, шорсткості та інших позначень?
5. Чи відповідають вибрані посадки характеру з'єднань деталей в складальній одиниці

6. Чи є зайві, недостаючі або такі, що повторюються розміри та літерні позначення?
7. Чи правильно заповнено штамп кресленика?
8. Наявність підпису виконавця кресленика.

Рекомендована література

1. Бондаренко С.Г. Технології механоскладального виробництва: Монографія / С.Г. Бондаренко. – Ніжин: ТОВ “Видавництво “Аспект-Поліграф”, 2008. – 358 с.
2. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для студ. техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.; Издательский центр «Академия», 2004. – 496 с.
3. Дунаев П.Ф. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец. учреждений среднего профессионального образования. / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 5-е издание, дополн. – М.: Машиностроение, 2004. – 560 с.
4. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: Підручник. / В.Т. Павлице. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.
5. Орлов П.И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие в 2-х книгах. [Текст]/ П. И. Орлов; ред. П. Н. Учайев. – 3-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 1988. – Кн. 1 – 560 с., кн. 2. – 544с.
6. Детали машин и основы конструирования / [М. Н. Ерохин и др.]; Под ред. М. Н. Ерохина. – М.: КолосС, 2005. – 462 с.
7. Дунаев П.Ф. Допуски и посадки. Обоснование выбора: Учебное пособие для студентов машиностроительных вузов. / Дунаев П.Ф. Леликов О.П. Варламова Л.П. – М.: Высшая школа, 1984. – 112 с.
8. 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.

**Додаток А Приклад оформлення титульного аркуша до звіту
з лабораторних робіт**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ	
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	
кафедра технологій машинобудування і деревообробки	
ЗВІТ про виконання циклу лабораторних робіт з дисципліни «Машинознавство»	
Виконав:	здобувач вищої освіти гр. ТМ-191 Хоменко Н.М.
Керівник:	канд. техн. наук, доцент Сапон С.П.
ЧЕРНІГІВ 2022	