

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ І СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ЛАБОРАТОРНОЇ (САМОСТІЙНОЇ) РОБОТИ " ВИВЧЕННЯ БУДОВИ
ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ ТА ОСНОВНИХ СХЕМ УСТАНОВЛЕННЯ
ВАЛА НА ПІДШИПНИКАХ КОЧЕННЯ " З ДИСЦИПЛІН "ДЕТАЛІ
МАШИН" ТА "ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ"

для студентів усіх спеціальностей і форм навчання

Затверджено редакційно -
видавничою радою
університету,
протокол №1 від 24.06.10

Харків
НТУ "ХПІ"
2013

Методичні вказівки до лабораторної (самостійної) роботи "Вивчення будови підшипникових вузлів та основних схем установа вала на підшипниках кочення" з дисциплін "Деталі машин" та "Основи конструювання" для студентів усіх спеціальностей і форм навчання / Уклад.: А.В. Гайдамака, О.І. Наумов, В.В. Клітної, В.Ю. Алефіренко. – Х.: НТУ "ХП", 2012. – 12 с.

Укладачі: А.В. Гайдамака
О.І. Наумов
В.В. Клітної
В.Ю. Алефіренко

Кафедра деталей машин та прикладної механіки

Вступ

Підшипниковий вузол призначається для обмежування осьового зміщення вала, він має забезпечувати: сприйняття радіальних і осьових сил; належні умови для змащування і запобігання від забруднень; зручність монтажу і демонтажу. Конструкції підшипникових вузлів повинні виключати заклинювання тіл кочення, коли діє осьове навантаження на вузол, компенсувати температурні деформації деталей.

Підшипникові вузли складаються з корпусу, підшипника, фіксуючих деталей і іноді – з пристрою для змащування.

Сприйняття радіальних і осьових сил та обмеження осьового зміщення вала забезпечується відповідними посадками і, в разі необхідності, фіксацією кілець на валу та в корпусі. Вибір способу фіксації кілець на валу і в корпусі визначається схемами установки вала на підшипниках, типом підшипника, особливостями експлуатації, технологічними можливостями виробництва.

Мета роботи – ознайомитися з устроєм та призначенням типових підшипникових вузлів, з основними способами установлення валів на підшипниках кочення (ПК), способами кріплення ПК, видом мастила та способом його подачі до ПК, типом ущільнення.

1. Основні способи установлення вала на радіальних та радіально-упорних підшипниках

За здатністю фіксувати осьове положення вала опори розділяють на плаваючі і фіксуючі. Плаваючі опори допускають осьове переміщення вала в будь-якому напрямі. Фіксуючі опори обмежують осьові переміщення вала як в одному, так і в обох напрямках.

Вал у більшості випадків установлюють на двох опорах, при цьому залежно від конструкції підшипникових вузлів можливі різні варіанти поєднання плаваючих і фіксуючих опор, тобто різні способи установлення валів:

Спосіб 1. Обидві опори фіксуючі

Кожна з опор фіксує вал в одному напрямі. Розрізняють способи "врозпір" (рис. 1, *a*) і "врозтяж" (рис. 1, *б*).

Спосіб установлення вала "врозпір" конструктивно є найбільш простим і поширеним. Він широко застосовується для коротких валів (відношення довжини вала до його діаметра $L/d < 4...6$).

Основні *переваги* схеми "врозпір":

- можливість регулювання опор монтажними прокладками;
- простота конструкції опор (відсутність стаканів та інших додаткових деталей).

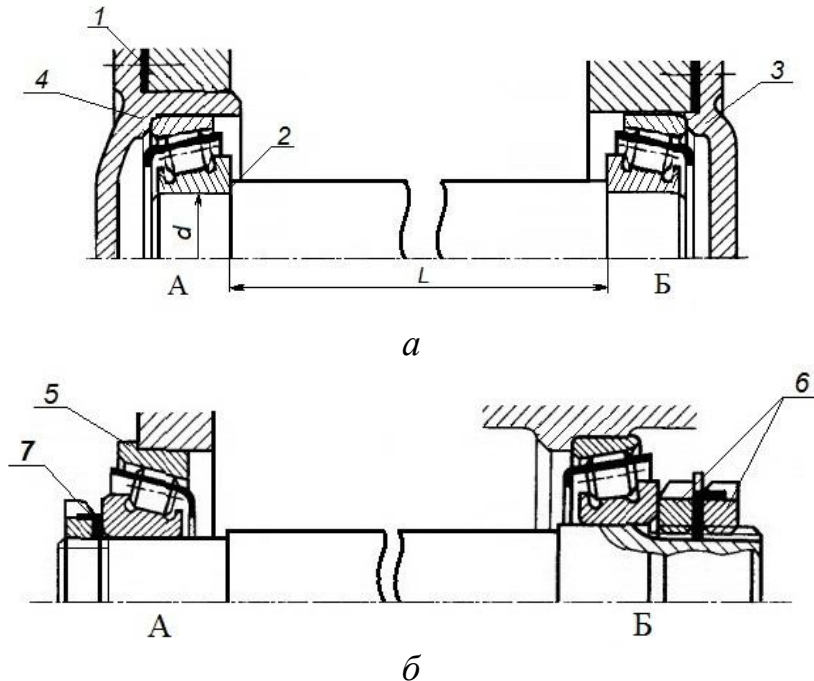


Рисунок 1 – Вали на фіксуючих опорах: *а* – схема "врозпір"; *б* – схема "врозтяж"

Недоліками схеми "врозпір" слід вважати наступне:

- допуски на виготовлення деталей цього підшипникового вузла дуже жорсткі;
- можливість затискування вала в опорах унаслідок нагрівання підшипників. Для запобігання цих недоліків при складанні вузлів між кришкою і корпусом установлюють монтажні прокладки (рис. 1, поз.1).

При установленні вала "врозтяж" відстань між підшипниками можна збільшити.

Основні *переваги* схеми "врозтяж":

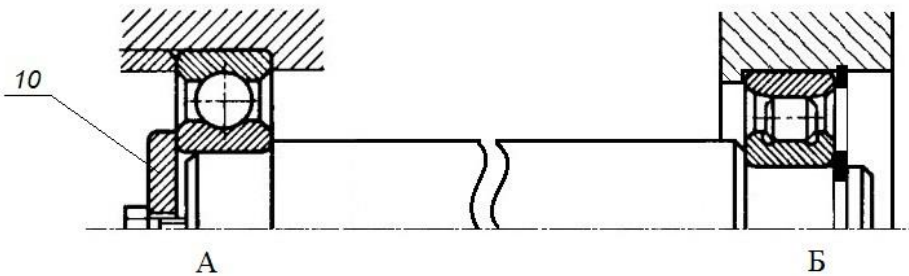
- можливість регулювання опор;
- мала ймовірність затискування вала в опорах унаслідок нагрівання останніх.

Недоліки схеми "врозтяж":

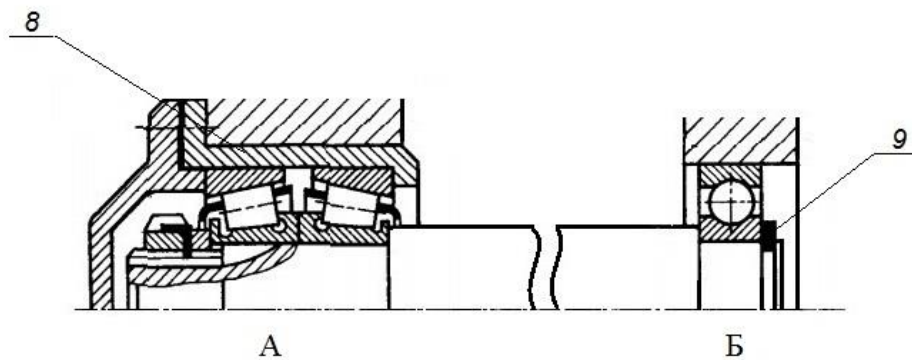
- ускладнення конструкції підшипникового вузла в порівнянні зі схемою "врозпір";
- можливість виникнення додаткових щілин у підшипниках.

Спосіб 2. Одна з опор фіксує, інша – плаваюча

Використовується для порівняно довгих валів ($L/d > 10$), а також для валів з підшипниками, які розташовані в різних корпусах. Фіксований з двох боків на валу та в корпусі підшипник сприймає радіальне і осьове навантаження, а вільно розміщений у корпусі підшипник (плаваюча опора) – тільки радіальне навантаження (рис. 2, а). Цей спосіб використовують для валів циліндричних зубчастих передач, приводних валів конвеєрів.



а



б

Рисунок 2 – Вали на фіксовуючій і плаваючій опорах

Переваги цього способу монтажу підшипників:

- температурні деформації вала не викликають його защемлення в підшипниках;
- помилки виготовлення деталей підшипникових вузлів не впливають на точність їх монтажу і роботу підшипників.

Недоліки схеми:

- відносна складність конструкції фіксованої опори;
- мала радіальна і осьова жорсткості опор вала.

Радіальна жорсткість вала може бути підвищена за допомогою установлення двох підшипників для фіксованої опори. В такій опорі (рис.2, б) радіальні і осьові щілини підшипників регулюють за допомогою набору прокладок між корпусом та кришкою. Два радіально-упорні підшипники

фіксує опори поставлені "врозпір", сприймають радіальне і двобічне осьове навантаження. У порівнянні зі способом установа рис. 2, а схема за рис. 2, б, крім збільшення жорсткості вала, дозволяє сприймати більш великі осеві навантаження. Цей спосіб використовується для валів кінцевих і черв'ячних передач, які вимагають точної осової фіксації.

Спосіб 3. Обидві опори плаваючі

Дану схему застосовують у тих випадках, коли осьова фіксація вала здійснюється будь-якими іншими елементами конструкції. Наприклад, у шевронних зубчатих передачах, коли на валу розташовані дві шестерні з різними кутами нахилу зубців, монтаж опор виконують за схемою вільного осового переміщення (рис. 3), тобто дві опори такого вала – плаваючі. Осьова фіксація вала здійснюється не опорами, а шевронними зубцями шестерень.

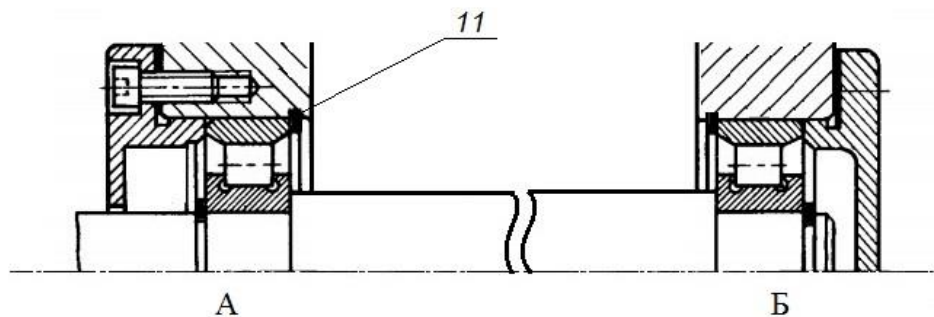


Рисунок 3 – Вал на плаваючих опорах

2. Кріплення підшипників на валу і в корпусі

Вибір раціонального способу кріплення підшипників на валу і в корпусі залежить від типу підшипника, величини і напрямку дії навантаження, частоти обертання, умов монтажу і демонтажу і т.п. У тих випадках, коли на підшипник не діє осьове навантаження і необхідно запобігти тільки випадковому зсуву підшипника, осьове кріплення на валу здійснюється лише відповідною посадкою без застосування додаткових пристроїв.

Деякі, найбільш поширені способи осових кріплень внутрішніх і зовнішніх кілець підшипників на валу і в корпусі подані на рис. 1 – рис. 3.

Кріплення внутрішнього кільця підшипника за допомогою одностороннього упору в заплечик вала подано на рис. 1, а (поз. 2).

Кріплення внутрішнього кільця підшипника за допомогою упорної гайки (поз. 6) і стопорної шайби (поз. 7) показано на рис. 1, б, і рис. 2, б; на рис. 1, б в опорі Б – кріплення двома гайками зі стопорною шайбою.

На рис. 2, а (поз. 10) подано кріплення торцевою шайбою, яке використовується тільки на торцях валів.

Внутрішнє кільце підшипника притискається до заплечика вала плоским пружинним стопорним кільцем (рис. 2, поз. 9).

Широко застосовуються прості і надійні способи закріплення підшипника в корпусі – звичайною кришкою (рис. 1, а, поз. 3), кришкою-стаканом (рис. 1, а, поз. 4), упорним бортом стакана і кришкою (рис. 2, б, поз. 8).

На рис. 1, б в опорі А (поз. 5) підшипник закріплений у корпусі своїм опорним бортом на зовнішньому кільці.

На рис. 3 підшипники кріпляться в корпусі упорними кільцями (поз. 11).

3. Змащення підшипників

Ресурс підшипників кочення залежить від типу мастильного матеріалу та організації його подачі до тертьових поверхонь не меншою мірою, ніж від якості металу і технології виготовлення деталей. Неправильно обране змащення служить причиною до 80 % відмовлень роботи підшипників.

Функції змащення різноманітні: воно зменшує величину тертя ковзання, тертя кочення, перешкоджає зносу тертьових поверхонь, усуває продукти зносу, сприяє оптимальному розподілу тепла й охолодження робочих елементів деталей, запобігає корозії, захищає від забруднення, підвищує плавність обертання, знижує рівень шуму.

Для змащення підшипників загального машинобудування застосовують **рідкі мастила** і **пластичні (консистентні) мазі**.

Рідкі мастила бувають мінеральними (продукти перегонки нафти) і синтетичними (силіконові, діефірні та ін.). Вони мають більшу фізичну і хімічну стабільність у порівнянні з консистентними, можуть працювати за більш високих температур і великих частот обертання, сприяють меншим енергетичним втратам і дозволяють застосовувати систему циркуляції та фільтрації.

Вибір **способу подачі рідкого мастила** до підшипників залежить від конструкції механізму, розташування вала (горизонтальне, вертикальне), частоти обертання підшипників, призначення механізму та інших умов експлуатації. Найбільш поширені **системи змащення** – мастильна ванна, розбризкування, подача мастила під тиском, за допомогою гвинтових каналок, конічних насадок. У машинобудуванні знаходять застосування також різні циркуляційні системи подачі мастила, а за великих частот обертання – змащення розпилюванням за допомогою стисненого повітря.

Пластичні (консистентні) мазі являють собою мінеральні мастила, загущені кальцієвими (солідоли) чи натрієвими (консталіни) милами жирних кислот. Солідоли застосовують за умов вологого середовища при тем-

пературі до 70°C , при розплавленні вони втрачають властивості і не відновлюють їх при охолодженні. Консталіни витримують високі температури, а при охолодженні після розплавлення відновлюють первісні властивості.

У корпусах підшипникових вузлів для заповнення консистентним змащенням передбачають вільний простір. Якщо частота обертання $n < 1500 \text{ хв.}^{-1}$, то цей простір заповнюють на $2/3$, а за $n > 3000 \text{ хв.}^{-1}$ – на $1/2 \dots 1/3$. Рекомендується кожні три місяці додавати свіже мастило і щороку змінювати його з розбиранням і промиванням підшипникового вузла.

Хоча рідкі мастила є кращими мастильними матеріалами для підшипників кочення, більшість підшипників у загальному машинобудуванні змащується пластичними мазями через простоту пристроїв для ущільнення і кращу ізоляцію опор від навколишнього середовища.

Вибір мастильного матеріалу виконують з урахуванням призначення машини (механізму), конструкції підшипника, особливостей експлуатації і здійснюють за відповідними таблицями і номограмами.

4. Ущільнення вузлів

Для запобігання витікання мастильного матеріалу з підшипникових вузлів і для захисту від забруднення сторонніми компонентами навколишнього середовища застосовують ущільнення підшипникових вузлів. Ущільнення повинні забезпечувати необхідну герметичність, мати високу надійність, створювати мінімальне тертя в зоні контакту з рухомими частинами механізму.

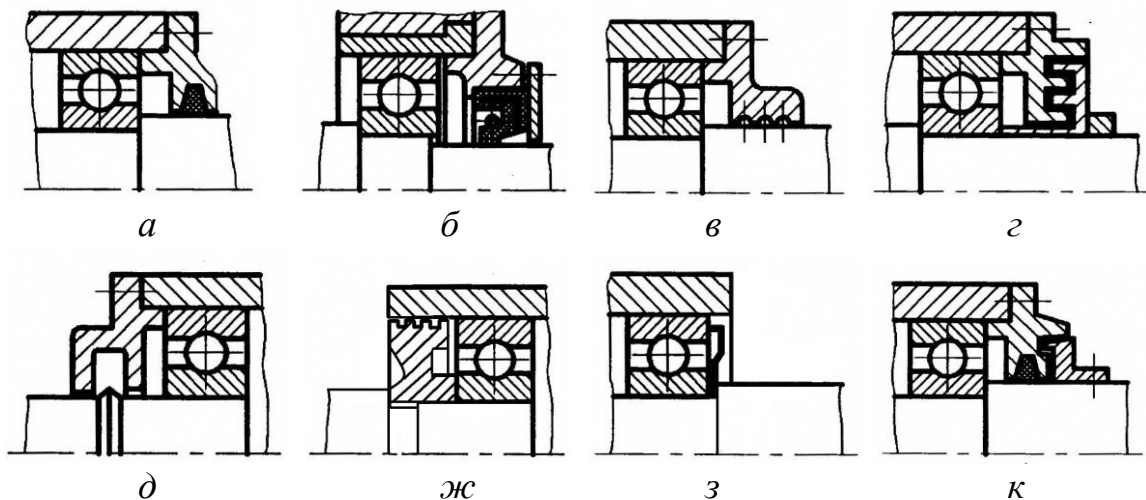


Рисунок 4 – Типи ущільнень підшипникових вузлів

За принципом дії ущільнення поділяють на групи:

1. *Контактні (повстяні, манжетні та ін.).*

Повстяні ущільнення (рис. 4, а) – найбільш простий і застарілий тип контактних ущільнень; застосовуються тільки при консистентному змащенні і незначному забрудненні навколишнього середовища з коловою швидкістю вала до 5 м/с. Манжетні ущільнення (рис. 4, б) – найбільш довершений і поширений тип контактного ущільнення; застосовуються при рідкому і консистентному змащенні, допускають колову швидкість вала до 10 м/с (при ретельному поліруванні контактної поверхні вала – до 15 м/с).

2. *Неконтактні нерухомі (щілинні, лабіринтові, відцентрові та ін.) і неконтактні рухомі (мастилоутримуючі кільця та шайби).*

Щілинні ущільнення (рис. 4, в) – найбільш простий, дешевий, але і недостатньо надійний тип безконтактного ущільнення; можуть працювати тільки в порівняно чистому навколишньому середовищі при необмеженій швидкості обертання вала. Лабіринтні ущільнення (рис. 4, г) – більш ефективні в порівнянні з щілинними, особливо за високих колових швидкостей вала при рідкому й консистентному змащенні. Відцентрові ущільнення, наприклад, у вигляді виступу на валу (рис. 4, д), застосовуються за колової швидкості вала більше 8 м/с. Ущільнення прості, але не забезпечують повного захисту, особливо під час зупинок приводу. Мастилоутримуюче кільце з проточками подано на рис. 4, ж. Торцева контактна фасонна металева шайба (рис. 4, з) надійно утримує змазку від витікання та вимивання.

3. *Комбіновані, що утворюються сполученням зазначених вище.*

Комбіновані ущільнення (рис 4, к) складаються з двох чи більше контактних або безконтактних ущільнень. Вони забезпечують високу надійність і довговічність.

Під час вибору пристрою для ущільнення враховують колову швидкість вала, вид змащування і спосіб його подавання, робочу температуру сполучених з підшипником деталей, умови навколишнього середовища (абразивні частинки, волога та ін.).

5. **Особливості схем постановки підшипників валів конічних шестерень і черв'яків**

У *вузлах конічних передач* широко застосовують консольне кріплення вала-шестерні (рис. 5, а – в).

Конструкція вузла при цьому виходить простою, компактною і зручною для збирання і регулювання.

Недоліком консольного розташування шестерні є висока концентрація навантаження вздовж шестерні.

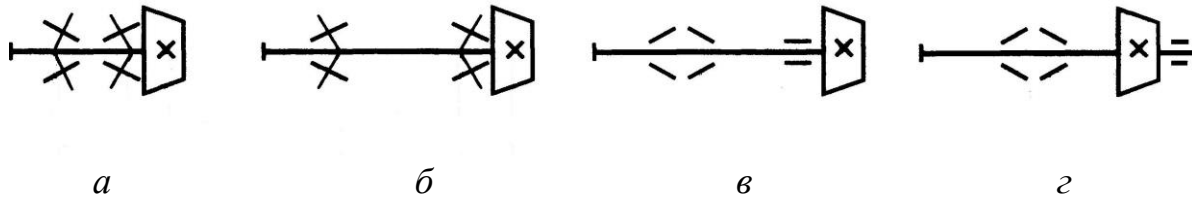


Рисунок 5 – Схеми осьового фіксування валів кінцевих шестерень

У силових кінцевих передачах переважно застосовують знаходиться установлення підшипників за схемою «врозтяж» (рис. 5, а). Конструкція вала кінцевої шестерні, фіксованого за схемою «врозпір» (рис. 5, б), має значні розміри вузла в осьовому напрямку. *Застосовувати її в силових передачах не рекомендується.*

Якщо шестерню розташувати між опорами (рис. 5, г), тоді концентрація навантаження буде меншою внаслідок зменшення прогину вала і кута повороту перерізу в місті установлення кінцевої шестерні, але виконання опор за цією схемою призводить до значного ускладнення конструкції корпусних деталей, зубчастого колеса, і тому на практиці майже не застосовується.

В конструкціях вузлів кінцевих шестерень застосовують радіально-упорні підшипники, головним чином кінчні роликові, як більш вантажні і не дорогі, які дозволяють забезпечити значну жорсткість опор.

Фіксування від осьових переміщень *валів-черв'яків* за схемою «врозпір» (рис. 6, а) застосовують при очікуваній різності температур черв'яка і корпусу до 20 °С і при відносно коротких валах. При більших очікуваних температурних деформаціях вала для закріплення в корпусі вала-черв'яка використовують схему з однією фіксуючою і однією плаваючою опорами (рис. 6, б).

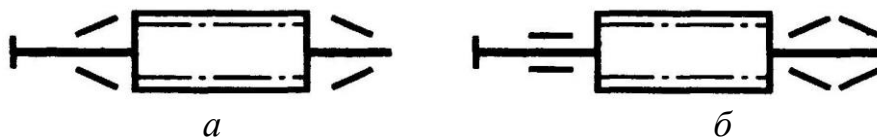


Рисунок 6 – Схеми осьового фіксування валів-черв'яків

Оскільки на черв'як діють значні осьові сили, то в опорах установлюють радіально-упорні підшипники. Зазвичай використовують кінчні роликові підшипники. Кулькові радіально-упорні підшипники застосовують за тривалої безперервної роботи передачі для зменшення втрат потужності і тепловиділення в опорах, а також для зниження умов до точності виготовлення деталей вузла. Розміри опор, виконаних із застосуванням радіально-упорних шарикопідшипників більше, ніж при кінцевих роликотпідшипниках.

6. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитись із змістом методичних вказівок.
2. За вказівкою викладача розібратися з конструкцією опор одного з валів циліндричного, конічного або черв'ячного редуктора.

Визначити:

- з яких деталей складаються вузли вала;
 - за якою схемою установлений вал;
 - яким способом здійснюється кріплення підшипників;
 - який вид мастила застосовується для змащування підшипників;
 - які типи ущільнень застосовуються у підшипникових вузлах.
3. Виконати ескізи схеми установлення одного вала на підшипниках.

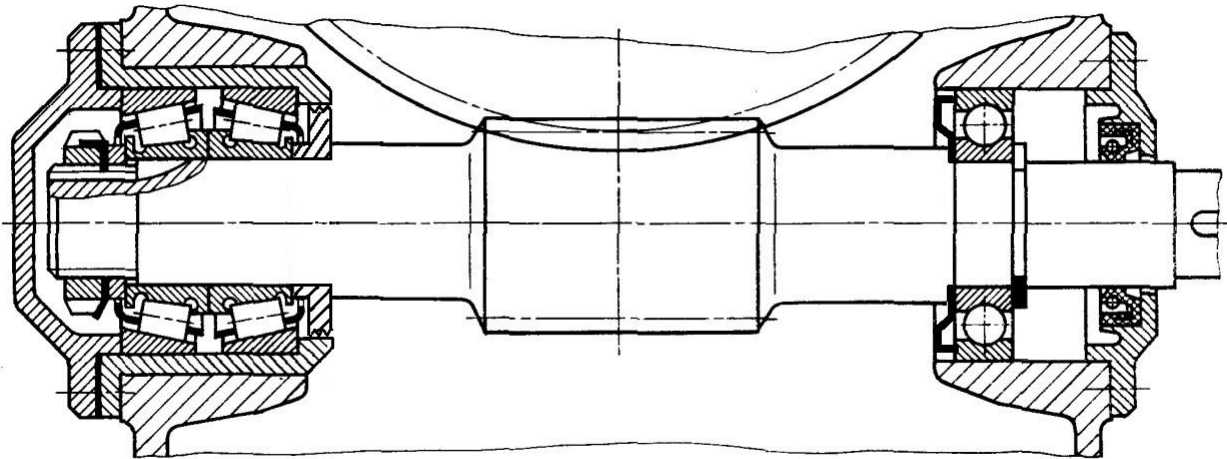
Список літератури

1. Иванов М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов. – М.: Высш. шк., 1991. – 383 с.
2. Перель Л.Я. Подшипники качения: расчет, проектирование и обслуживание опор справ./ Л.Я. Перель. – М.: Машиностроение, 1983. – 543 с.
3. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин / В.Т. Павлище. – К.: Вища шк., 1993. – 556 с.
4. Гайдамака А.В. Підшипники кочення. Базові знання та напрямки вдосконалення навч. посіб. /А.В. Гайдамака. – Х.: Вид-во «Форт», 2009. – 248 с.
5. Байков Б.А. Детали машин Атлас конструкций В 2ч. Ч 2 / Б.А. Байков, В.Н. Богачев, А.В. Буланже [и др.]; под. общ. ред. Д.Н. Решетова. – М.: Машиностроение, 1992. – 296 с.
6. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – 9-е изд., перераб. и доп. – М.: Академия, 2006. – 496 с.

Додаток 1

Приклад оформлення лабораторної роботи "Вивчення будови підшипникових вузлів та основних схем установлення вала на підшипниках кочення"

Завдання: Виконати ескіз схеми установлення заданого вала на підшипниках. Розібратися з конструкцією опор.



Вал черв'яка з одним кульковим радіальним та двома роликowymi радіально-упорними підшипниками. Одна з опор фіксує – сприймає осьові навантаження в обох напрямках, інша опора – плаваюча, забезпечує компенсацію температурних деформацій вала.

Кульковий радіальний підшипник закріплений на валу плоским пружинним стопорним кільцем. Пара роликowych радіально-упорних підшипників кріпиться за допомогою упорної гайки і стопорної шайби на валу.

Як мастильний матеріал використовується пластична мазь.

Для захисту від забруднення сторонніми компонентами навколишнього середовища застосовані манжетне ущільнення, мастилоутримуюче кільце та шайба.