

ПІДШИПНИКИ КОЧЕННЯ

Основні параметри та розрахунки

Методичний посібник

Зміст

Вступ.....	4
ГЛАВА 1 Загальні відомості.....	5
1.1 Класифікація підшипників кочення.....	6
1.2 Характеристика підшипників.....	8
1.3 Умовні позначення підшипників кочення.....	13
1.3.1 Приклади умовних позначень підшипників.....	17
ГЛАВА 2 Вибір підшипників по динамічній вантажності.....	18
2.1 Вибір типу підшипників.....	18
2.2 Визначення еквівалентного навантаження.....	20
2.2.1 Особливості визначення осьового навантаження радіально-упорних підшипників.....	27
2.2.2 Допустиме осьове навантаження на роликові підшипники з бортиками	28
2.3 Вибір підшипників, що працюють при перемінних режимах.....	29
2.4 Визначення довговічності та динамічної вантажності.....	30
2.5 Методика підбору підшипників кочення по динамічній вантажності.....	36
2.6 Приклади розрахунків.....	37
ГЛАВА 3 Вибір підшипників по статичній вантажності.....	44
ГЛАВА 4 Оцінка граничної швидкохідності підшипників кочення.....	46
ГЛАВА 5 Перевірка наявності гідродинамічного режиму змащування підшипників.....	51
Література.....	54
Додаток А – Характеристики кулькових підшипників кочення.....	55
Додаток Б – Характеристики роликових підшипників кочення.....	63
Додаток В – Зображення стандартних підшипників кочення.....	71

ВСТУП

Призначення підшипників - підтримувати деталі в просторі, забезпечуючи при цьому їхню рухливість при мінімальних втратах механічної енергії і сприймати діючі на них навантаження.

У сучасній техніці знаходять саме велике застосування підшипники кочення, що працюють на основі тертя кочення.

В Україні підшипникова промисловість представлена 4 підшипниковими заводами (м. Вінниця, м. Луцьк, 2 заводи в м. Харкові), що випускають майже всі основні конструктивні різновиди підшипників, які маються на світовому ринку.

Сучасна номенклатура підшипників кочення настільки широка і різноманітна, що в стані задовольнити практично будь-які конструкторські запити. Вибираючи той чи інший тип підшипника, конструктор повинен керуватися тими показниками, що найбільш важливі для конкретного вузла, чи агрегату або машини. В одному випадку - це довговічність, в іншому - економічність і т.п.

Підшипники кочення найбільш стандартизовані вироби промисловості. Державними стандартами регламентовані маркірування, методика розрахунку і вибору підшипників кочення. Однак, у навчальній і довідковій технічній літературі ці питання розглядаються недостатньо повно, що викликає певні труднощі при вивченні даного розділу в курсі "Деталі машин".

Поява цього методичного посібника викликана прагненням викласти більш повно питання маркірування найбільш розповсюджених типів підшипників кочення, а також методики їхнього вибору і перевірного розрахунку на довговічність.

Питання конструювання підшипникових вузлів, монтажу і демонтажу підшипників на вали й у корпуси опор, експлуатаційного регулювання зазорів і багато інших, у зв'язку з обмеженим обсягом посібника, не розглядаються.

Даний методичний посібник може бути використаний не тільки студентами вузів технічних спеціальностей при виконанні курсових і дипломних проектів, але і працівниками промисловості, зайнятими розробкою і ремонтом машин, що мають підшипникові вузли.

ГЛАВА 1 Загальні відомості

При проектуванні машин і механізмів підшипники кочення, як правило, вибирають із ряду стандартних.

При статичному навантаженні ушкодження підшипників виявляються у виді змінання робочих поверхонь. Під впливом помірних статичних навантажень на тілах і доріжках кочення підшипників з'являються залишкові деформації, що поступово зростають із збільшенням навантаження.

У не обертових підшипників на кільцях утворюються лунки, а на тілах кочення - ділянки змінання. У обертових підшипників на кільцях перед тілами кочення з'являється пружно-пластична хвиля, яка змінює дійсну геометрію поверхонь контакту. При знятті навантаження в не обертових підшипників пластичні відбитки залишаються, в обертових, якщо навантаження знімається плавно, відбитків не залишається, хоча результати пластичної деформації виявляються у виді зміни радіусів кривизни поверхонь, що контактують. При ударному навантаженні, що діє на повільно обертовий підшипник, на тілах кочення і кільцях можуть виникнути відбитки, як у не обертового підшипника.

Встановити, якою мірою деформації, що з'явилися в процесі експлуатації підшипника, відповідають деформаціям у підшипниках при випробуваннях у лабораторних умовах дуже важко. Тому необхідні розрахункові методи і характеристики, що обґрунтовують вибір підшипників для конкретних умов експлуатації.

Досвід показує, що загальна залишкова деформація в найбільше навантаженій зоні контакту тіла кочення і доріжки кочення, яка не перевищує 0,0001 діаметра тіла кочення, припустима в більшості випадків застосування підшипників без наступного погіршення їхньої роботи.

Ця деформація виникає при прикладенні еквівалентного статичного навантаження, рівного розрахунковій статичній вантажності підшипника.

Випробування, проведені в різних країнах, показують, що навантаженню, рівному статичній вантажності підшипника, відповідають розрахункові значення контактних напружень у найбільше навантаженій зоні контакту тіла кочення і доріжки кочення підшипника, рівних в залежності від типу підшипника 4000...4600 МПа.

При виборі і розрахунку підшипників слід мати на увазі, що припустиме еквівалентне статичне навантаження може бути менше, дорівнювати або бути більше базової статичної вантажності. Значення цього навантаження залежить від вимог до повільності ходу, шумності та до моменту тертя, а також і від дійсної геометрії поверхонь контакту. Чим вище перераховані вимоги, тим менше значення припустимого еквівалентного статичного навантаження

Методика вибору підшипників кочення стандартизована ГОСТ 18854 – 94 (ISO 76-87) і ГОСТ 18855 – 94 (ISO 281-89).

Вибір підшипників проводиться по двох критеріях:

- динамічній вантажності C ;
- статичній вантажності C_0 .

Вибір підшипників по динамічній вантажності виконується при частоті обертання $n > 10$ об/хв. При частоті обертання $n < 1$ об/хв підшипники вибираються по статичній вантажності. При частоті обертання $n = 1...10$ об/хв вибір проводиться виходячи з $n = 10$ об/хв.

Призначення підшипників – підтримувати вали та осі в просторі, забезпечити їм спроможність обертання або коливання, та сприймати навантаження, які діють на них. Підшипники можуть також підтримувати деталі, які обертаються навколо осей та валів, наприклад блоки вантажопідйомних машин, паразитні шестерні, сателіти планетарних передач, тощо.

Підшипники кочення – це стандартизовані складові одиниці, які мають у своєму складі тіла кочення (кульки або ролики) і працюють на основі ефекту тертя кочення.

Підшипники кочення, як правило, складаються з деталей: зовнішнього та внутрішнього кілець з доріжками кочення, тіл кочення (кульок або роликів), сепараторів, які розділяють і направляють тіла кочення. Існують конструкції підшипників у яких відсутні одне або обидва кільця, деякі підшипники не мають сепараторів.

Підшипникові вузли крім підшипників кочення включають корпуси з кришками, пристрої для кріплення кілець підшипників захисні та змащувальні пристрої.

1.1 Класифікація підшипників кочення

Підшипники кочення, згідно з ГОСТ 3395-75, розділяють:

- по напрямку сприйняття навантаження на: радіальні, які сприймають радіальне навантаження; радіально-упорні, які здатні сприймати радіальне та осьове навантаження; упорно-радіальні, які сприймають значне осьове і незначне радіальне навантаження; упорні, які сприймають тільки осьове навантаження;
- по формі тіл кочення: на кулькові (рисунок 1.1, а) та роликові. Останні в свою чергу поділяють: на циліндричні з короткими, довгими і голчастими роликами (рисунок 1.1, б, в, г), виті (рисунок 1.1, д), конічні (рисунок 1.1, е) та бочкоподібні (рисунок 1.1, ж, з);
- за кількістю рядів тіл кочення: одно-, дво-, та чотирирядні;
- за здатністю компенсувати перекося вала: на самоустановні (допускають перекося до $2...3^\circ$ та не самоустановні);
- за радіальними розмірами (надлегка, особливо легка, легка, середня та важка) та шириною (особливо вузька, вузька, нормальна широка, особливо широка).

Класифікація підшипників кочення за основними групами з позначенням типів подана на рисунку 1.2.

Приблизне співвідношення розмірів підшипників різних серій на рисунку 1.3.

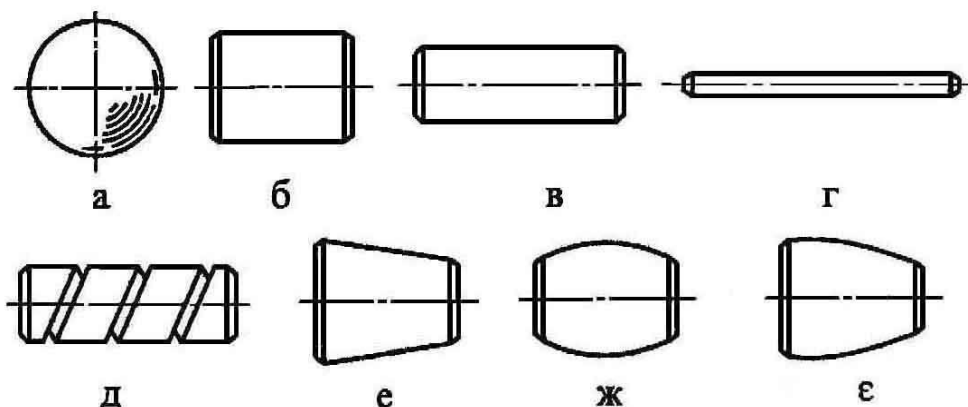


Рисунок 1.1 – Форми тіл кочення підшипників

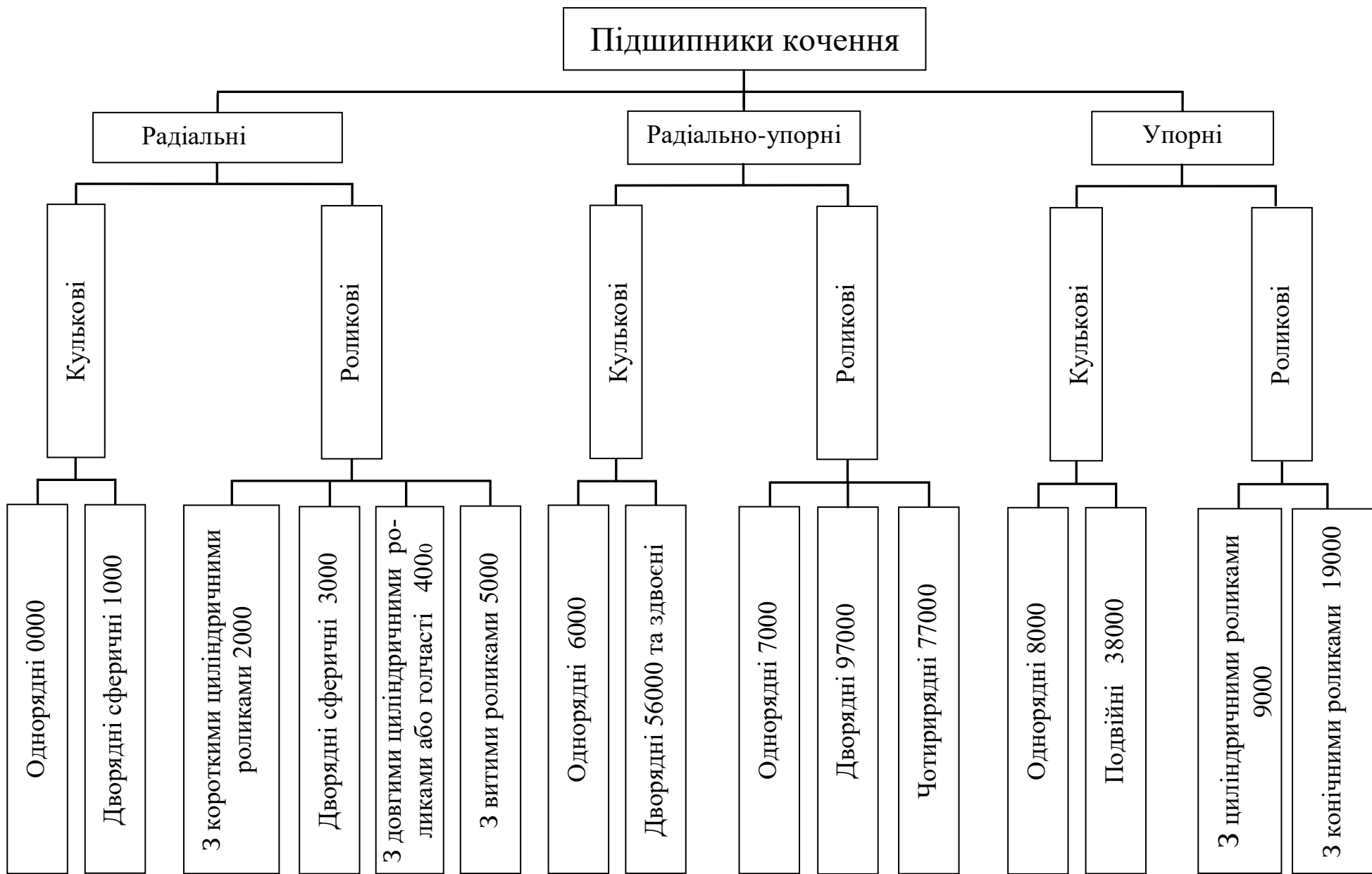


Рисунок 1.2 – Класифікація підшипників кочення

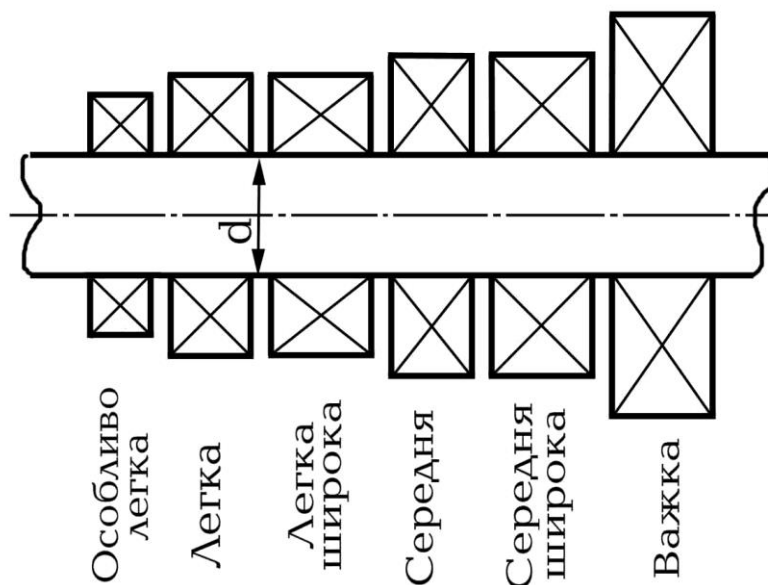


Рисунок 1.3 – Приблизні співвідношення ширини та діаметрів підшипників кочення різних серій

1.2 Характеристика підшипників

⇒ **Кулькові однорядні радіальні** типу 0000 призначені для сприйняття радіальних навантажень, але можуть сприймати і осьові навантаження, що діють в обох напрямках, до 70 % невикористаного допустимого радіального навантаження. Ці підшипники забезпечують осьову фіксацію валів в межах свого осьового зазору та задовільно працюють при перекосах кілець на кут не більший $8'$. У порівнянні з іншими підшипниками вони допускають найбільшу частоту обертання валів. Сепаратори радіальних кулькових підшипників переважно штамповані, але в деяких підшипниках, при роботі їх в особливих умовах (велика частота обертання), застосовують масивні сепаратори з антифрикційних матеріалів: бронзи, текстоліту та ін.

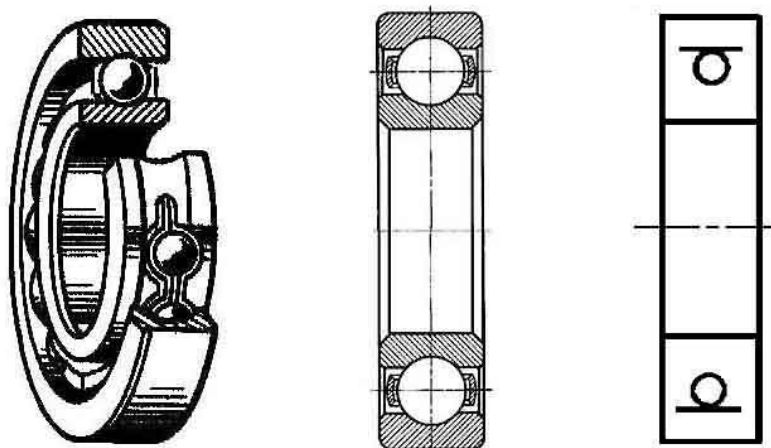


Рисунок 1.4 – Кулькові радіальні однорядні підшипники типу 0000 (загальний вид, зображення на кресленнях)

Область застосування – жорсткі двоопорні вали, прогин яких під дією зовнішніх сил не викликає надмірного кутового зміщення осі вала відносно осі посадочного отвору, вали з відстанню між опорами $L \leq 10d$.

⇒ **Кулькові радіальні дворядні сферичні** типу 1000 призначені для сприйняття радіальних навантажень, але можуть сприймати і осеві навантаження, що діють в обох напрямках до 20 % невикористаного допустимого радіального навантаження. Доріжка кочення на зовнішньому кільці виготовлена сферичною, це забезпечує нормальну роботу підшипника навіть при значному перекосі (до 2...3°) внутрішнього кільця відносно зовнішнього. Підшипники типу 11000 мають конічний отвір (конусність 1:12), укомплектовані закріплювальною втулкою з гайкою і призначені для встановлення на гладких циліндричних валах у будь якому місці. При затягуванні втулки гайкою зовнішній діаметр внутрішнього кільця дещо збільшується, що призводить до часткового зменшення радіального зазору в підшипнику.

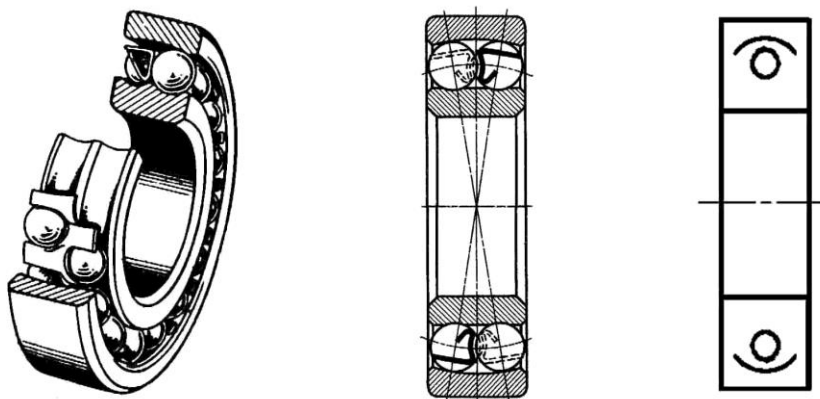


Рисунок 1.5 – Підшипники радіальні дворядні сферичні типу 1000

Область застосування - багатоопорні вали трансмісійного типу, двоопорні вали, що мають під час роботи значні прогини, вали в конструкціях, де технологічно неможливо забезпечити строгу співвісність посадочних гнізд (при монтажі підшипників в окремо розташованих корпусах на рамах з незначною жорсткістю та ін.).

⇒ **роликові радіальні з короткими циліндричними роликами** типу 2000 переважно призначені для сприйняття тільки радіального навантаження. Вони мають значно більшу радіальну навантажувальну здатність, ніж рівногабаритні радіальні кулькові підшипники, але допускають дещо меншу частоту обертання. Підшипники з циліндричними роликами дуже чутливі до перекосів внутрішніх кілець відносно зовнішніх, так як при цьому виникає концентрація напружень по краю роликів.

Область застосування – жорсткі короткі двоопорні вали.

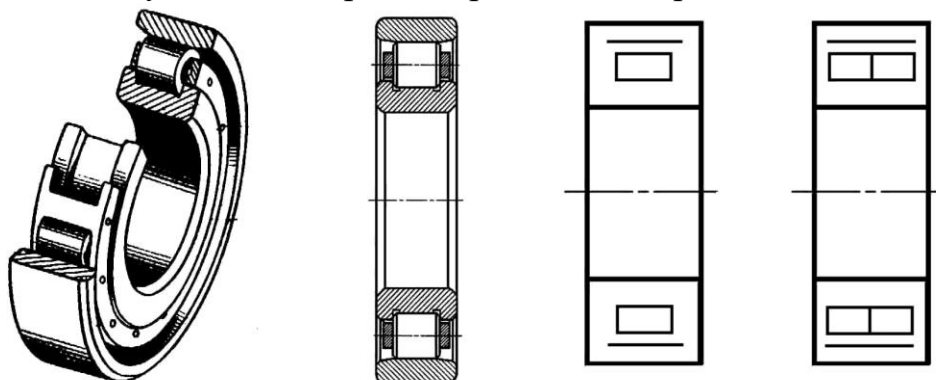


Рисунок 1.6 – Підшипники роликові радіальні з короткими роликами типу 2000

⇒ **Роликові радіальні сферичні** типу 3000 призначені в основному для сприйняття радіальних навантажень, але спроможні сприймати осьове навантаження діюче в обох напрямках і не перевищує 25 % невикористаного допустимого радіального навантаження. Можуть працювати при чистому осьовому навантаженні, однак у цьому випадку буде працювати один ряд роликів. Підшипники мають два ряди бочкоподібних роликів, а доріжка кочення на зовнішньому кільці оброблена по сфері. Допускають перекіс кілець 2...3°.

Область застосування – важко навантажені багатоопорні вали, які мають значні прогини під дією зовнішніх навантажень, вали, які мають консольне навантаження в конструкціях, де технологічно неможливо забезпечити строгу співвісність посадочних гнізд.

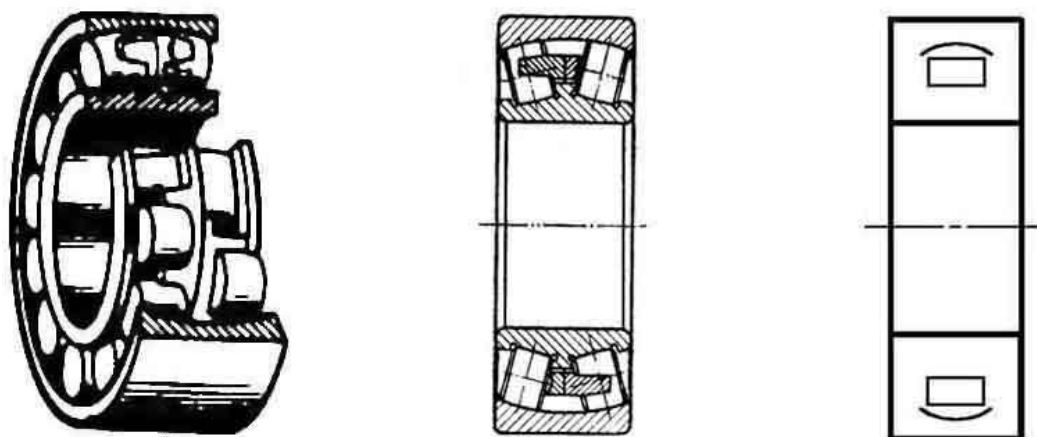


Рисунок 1.7 – Підшипники роликові радіальні сферичні типу 3000

⇒ **Роликові радіальні з довгими циліндричними роликами або голчасті** типу 4000 призначені для сприйняття тільки радіального навантаження. Мають значно менші радіальні розміри, ніж інші типи підшипників. Монтаж зовнішнього та внутрішнього кілець з комплектом голок, як правило, виконується окремо один від одного. Перекіс кілець не допускається, так як це призводить до порушення лінійного контакту голок з доріжками кочення. Підшипники з сепараторами допускають більшу частоту обертання, але мають меншу навантажувальну спроможність з-за меншої кількості голок.

Область застосування – опори, розміри яких мають обмеження в радіальному напрямку. Найчастіше ці підшипники застосовуються для роботи у режимі коливань (наприклад, карданні вали).

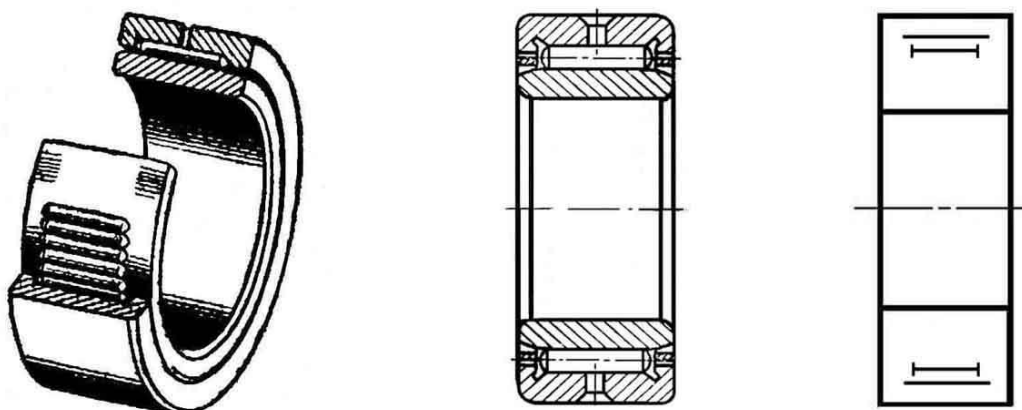


Рисунок 1.8 – Підшипники радіальні голчасті типу 4000

⇒ **Роликові радіальні з витими роликами** типу 5000 призначені для сприйняття тільки радіального навантаження. Ролики, які звиті зі сталеві стрічки, являють собою своєрідні пружини здатні сприймати та гасити ударні навантаження. У порівнянні з підшипниками з суцільними довгими циліндричними роликами мають знижену жорсткість і збільшені радіальні зазори, менш чутливі до забруднення вузла. Сепаратори цих підшипників складаються з двох кілець, що з'єднані між собою розпірками, які проходять крізь осьові порожнини роликів.

Область застосування – опори валів з середніми по величині радіальними навантаженнями ударного характеру, зі зменшеними вимогами до точності монтажу. У відповідальних вузлах не використовують.

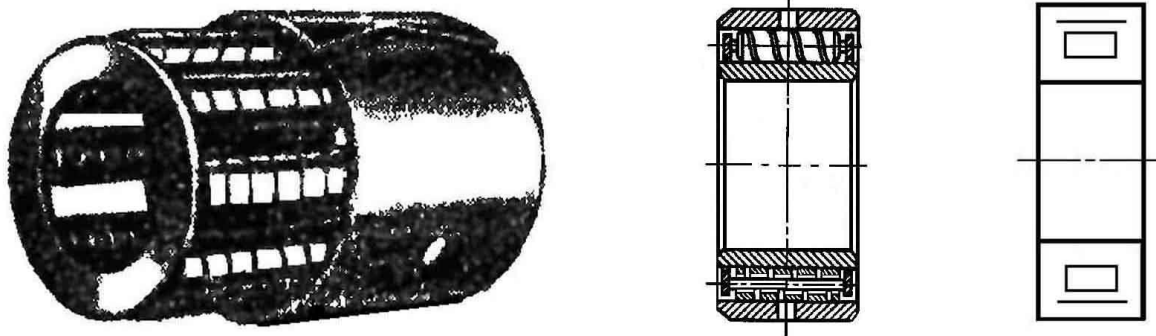


Рисунок 1.9 - Підшипники радіальні з витими роликами типу 5000

⇒ **Кулькові радіально-упорні** – типу 6000 призначені для сприйняття радіальних і односторонніх осьових навантажень. Спроможність сприймати осьове навантаження залежить від кута контакту α , зі збільшенням якого зростає осьова вантажопідйомність підшипника. По швидкохідності кулькові радіально-упорні підшипники не поступаються радіальним кульковим типу 0000.

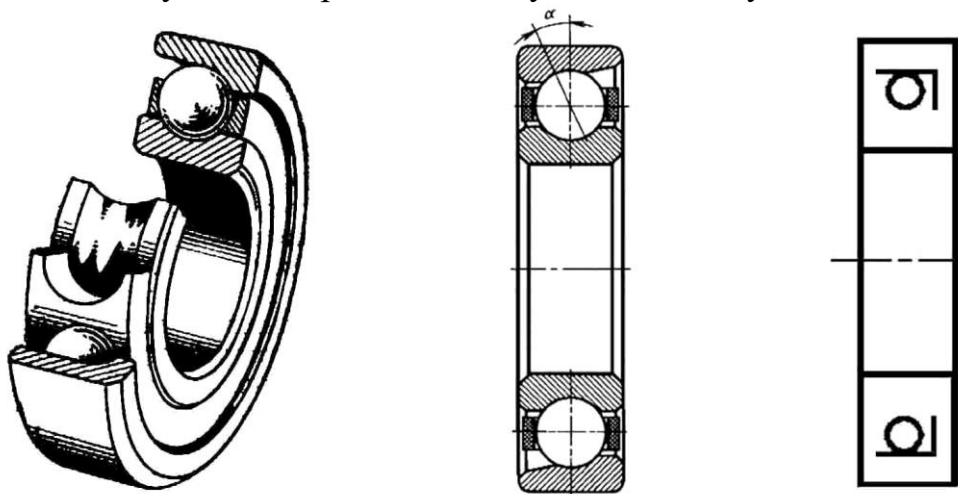


Рисунок 1.10 – Підшипники кулькові радіально-упорні типу 6000

Область застосування – жорсткі двоопорні вали, прогин яких під дією зовнішніх сил не викликає надмірного кутового зміщення осі вала відносно осі посадкового отвору. Підшипники встановлюють в обох опорах навіть при умові односторонньої дії навантаження. Для сприйняття двостороннього осьового навантаження однією опорою в ній застосовують здвоєні підшипники. Особливістю підшипників є те, що вони вимагають регулювання осьового зазору в процесі монтажу і у процесі подальшої експлуатації.

⇒ **Радіально-упорні конічні** – типу 7000 призначені для сприйняття одночасно діючих радіальних і осьових навантажень. Допустимі коллові швидкості значно нижчі, ніж у підшипників з короткими циліндричними роликами. Спроможність сприйняття осьового навантаження визначається кутом конусності α зовнішнього кільця. Зі збільшенням кута конусності (тип 27000) осьове навантаження збільшується за рахунок зменшення радіального. Підшипники не допускають перекосу осей валів і гнізд опор під підшипники. Підшипники можна монтувати з попереднім натягом, який створюється при умові розташування вала на двох конічних підшипниках. Існують і дворядні конічні роликові підшипники.

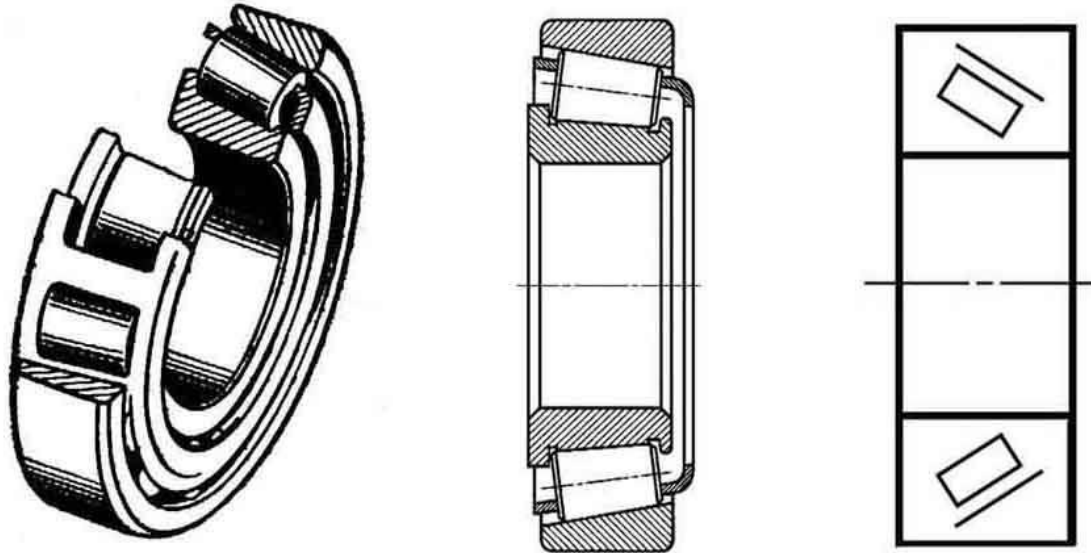


Рисунок 1.11 – Підшипники конічні радіально-упорні типу 7000

Область застосування - жорсткі двоопорні вали, прогин яких під дією зовнішніх сил не викликає надмірного кутового зміщення осі вала відносно осі посадкового отвору. Підшипники встановлюють попарно навіть при умові односторонньої дії навантаження. Вони допускають роздільний монтаж зовнішніх кілець і вимагають регулювання зазорів як під час встановлення, так і в процесі експлуатації.

⇒ **Кулькові упорні** – типу 8000 призначені для сприйняття тільки осьових навантажень. Вони допускають значно меншу частоту обертання порівняно з іншими типами підшипників, так як доріжки кочення кілець можуть сприймати обмежені відцентрові зусилля, що виникають при обертанні підшипника.

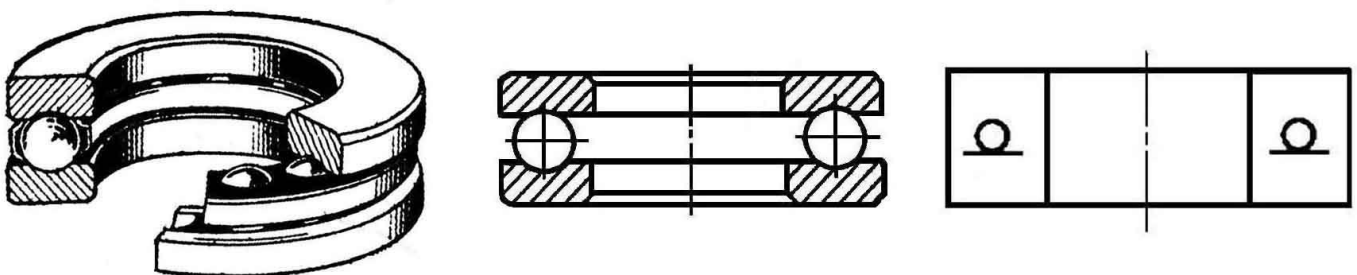


Рисунок 1.12 – Підшипники кулькові упорні типу 8000

Область застосування – комбіновані опори валів різноманітних машин при дії значних осьових зусиль.

⇒ **Роликові упорні** – типу 9000 призначені для сприйняття осьових навантажень. Мають значно більше допустиме осьове навантаження порівняно з кульковими упорними підшипниками. В роликових упорних підшипниках застосовуються як циліндричні, так і конічні ролики. Останні допускають значно більшу частоту обертання валів.

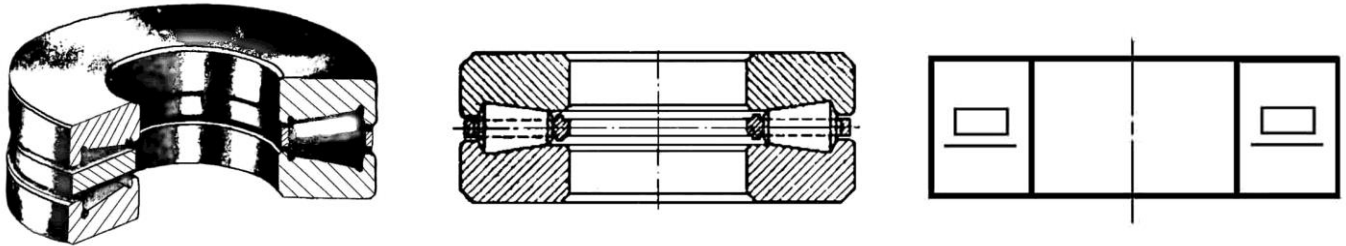


Рисунок 1.13 – Підшипники роликові упорні типу 9000

Область застосування - опори валів при дії значних осьових зусиль. Підшипники типу 9000 головним чином встановлюють у вузлах з вертикальним розташуванням валів.

1.3 Умовні позначення підшипників кочення

При ремонті та експлуатації машин часто виникає необхідність встановити тип і основні розміри підшипників кочення по умовному позначенню.

Підшипники кочення найбільш стандартизовані вироби промисловості. Для маркірування підшипників кочення діє цифрова система умовних позначень, яка дозволяє довгу назву замінити кількома цифрами, які інформують про всі основні характеристики підшипника.

Умовні позначення підшипників кочення встановлені ГОСТ 3189-75.

Маркірування найчастіше виконують на торці одного з кілець підшипника, однак воно може бути виконане і на поверхні захисної шайби, на циліндричній поверхні зовнішнього кільця, а також на пакувальній коробці.

Маркірування звичайно складається з двох груп знаків.

Перша група містить відомості про підприємство, яке виготовило підшипник. Наприклад, 4ГПЗ розшифровується так: підшипник зроблено на 4-м державному підшипниковому заводі.

Друга група складається з цифр або з цифр і літер, що і є умовним позначенням підшипника. Умовне позначення підшипника складається з основного позначення і додаткового, яке може бути як ліворуч, так і праворуч від основного.

Основне позначення підшипників складається тільки з цифр, максимальна кількість яких дорівнює семи. Додаткові знаки ліворуч від основного позначення можуть відокремлюватися літерою або знаком “-” (дефіс). Додаткові знаки праворуч завжди починаються з літери. Вони характеризують матеріал і конструкцію сепаратора, конструктивні та технологічні вимоги, мастило закладене у підшипники з захисними шайбами, спеціальні вимоги щодо шуму та ін.

Порядок розташування знаків умовних позначень підшипників малогабаритних з діаметром внутрішнього кільця менше 10 мм наведено на рисунку 1.14, інших (внутрішні діаметри підшипників від 10 до 495 мм) на рисунку 1.15.

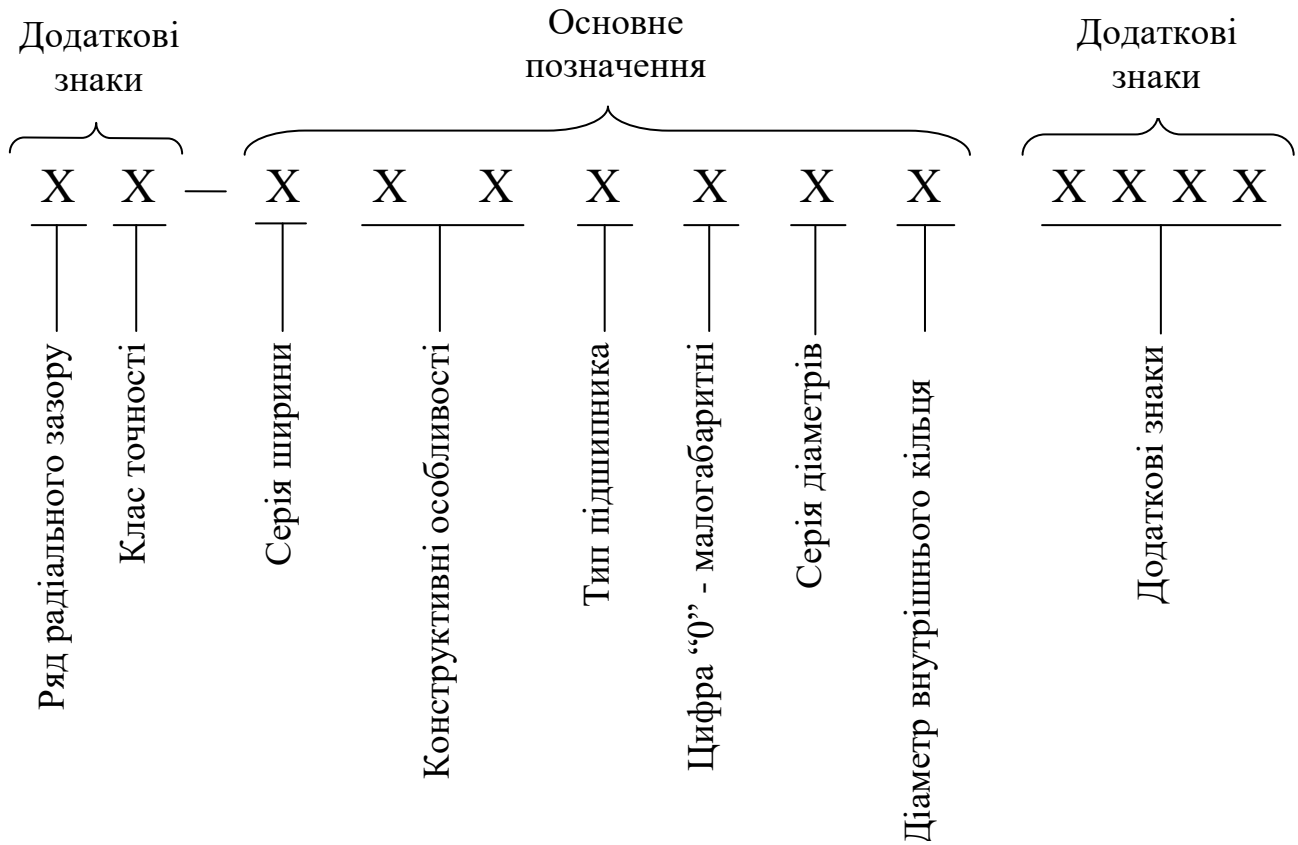


Рисунок 1.14 - Позначення підшипників кочення з діаметром внутрішнього кільця до 10 мм

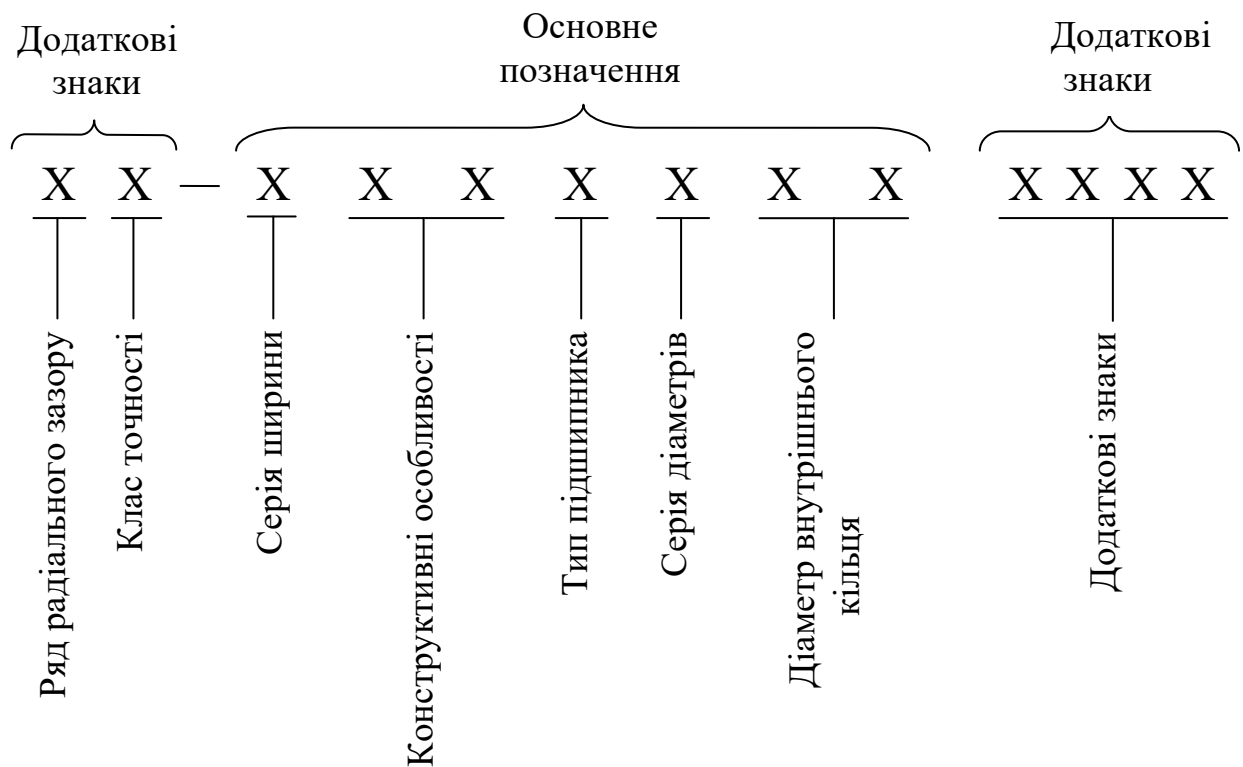


Рисунок 1.15 - Позначення підшипників кочення з діаметром внутрішнього кільця від 10 мм до 495 мм

Додаткові знаки ліворуч

Ряд радіального зазору – інформація про радіальний зазор в підшипнику, яка вказує на номер ряду радіальних зазорів. По номеру можна визначити зміщення внутрішнього кільця відносно зовнішнього при прикладенні до нього нормованого зусилля в площині, яка перпендикулярна осі обертання. Цифра “0”, або її відсутність відповідають зазору по основному ряду.

Клас точності - позначається згідно стандарту цифрами : 0; 6; 5; 4 та 2. Порядок переліку класів відповідає підвищенню точності. Більша точність виготовлення деталей підшипника приводить до поліпшення його кінематичних і навантажувальних характеристик, надійності та довговічності роботи. Однак при цьому зростають затрати праці при виготовленні підшипника, що впливає на його вартість (таблиця 2.2).

Крім наведених двох додаткових знаків зліва можуть зустрітися підшипники, які мають в умовному позначенні літеру “М” або “Б”. Ці літери позначають, що підшипник призначено для ремонтних цілей. При наявності літери “М” поле допуску на діаметр внутрішнього кільця підшипника зміщено у мінусову сторону на величину допуску на середній діаметр внутрішнього кільця. При наявності літери “Б” поле допуску на зовнішній діаметр зміщено у плюсову сторону на величину допуску на середній діаметр зовнішнього кільця.

Основне позначення

Серія ширини – позначається цифрами від 0 до 8, які разом з серією підшипника по діаметру, дозволяють по спеціальним таблицям визначити його зовнішній діаметр і ширину. Підшипники по ширині бувають особливо вузькі, вузькі, нормальні, широкі, особливо широкі та невизначеної серії.

Конструктивні особливості позначаються цифрами від 00 до 99 і регламентовані ГОСТ 3395 – 75. У зв'язку з великою кількістю різноманітних конструктивних особливостей у даному посібнику це питання не розглядається.

Тип підшипника – основна його характеристика, яка вказує на напрям сприйняття навантаження. Розташовані на цьому місці цифри позначають, що підшипник:

- 0 – кульковий радіальний;
- 1 – кульковий радіальний сферичний;
- 2 – роликовий радіальний з короткими циліндричними роликами;
- 3 – роликовий радіальний з сферичними роликами;
- 4 – роликовий радіальний з довгими циліндричними або голчастими роликами;
- 5 – роликовий радіальний з витими роликами;
- 6 – кульковий радіально-упорний;
- 7 – роликовий конічний радіально-упорний;
- 8 – кульковий упорний або упорно-радіальний;
- 9 – роликовий упорний або роликовий упорно-радіальний.

Серія діаметрів – разом з серією по ширині несуть інформацію про габаритні розміри підшипників. При серії підшипника по ширині “0” цифра позначення серії діаметрів означає:

- 0 – малогабаритні підшипники, діаметр внутрішнього кільця менше 10 мм;
- 1 - особливо легка;
- 2 – легка;
- 3 – середня;
- 4 – важка;
- 5 – легка широка;
- 6 – середня широка;
- 7 – особливо легка;
- 8 – надлегка;
- 9 – надлегка (невизначені внутрішні діаметри).

Діаметр внутрішнього кільця – умовне позначення, яке несе інформацію про внутрішній діаметр підшипника.

В умовному позначенні малогабаритного підшипника (рисунок 1.14) коли серія діаметрів позначена цифрою “0” діаметр внутрішнього кільця безпосередньо вказано у міліметрах.

Якщо серія діаметрів позначена цифрами від 1 до 8 включно, це означає, що внутрішній діаметр підшипника знаходиться в межах від 10 до 495 мм. Щоб визначити діаметр внутрішнього кільця підшипника у цьому випадку треба цифри, що позначають діаметр помножити на “5”.

Винятком є підшипники з внутрішніми діаметрами від 10 до 17 мм. Значення діаметра в цьому випадку вказується так:

- 00 – діаметр внутрішнього кільця 10 мм;
- 01 – діаметр внутрішнього кільця 12 мм;
- 02 – діаметр внутрішнього кільця 15 мм;
- 03 – діаметр внутрішнього кільця 17 мм.

Якщо серія діаметрів позначена цифрою 9 (невизначена серія), то діаметр внутрішнього кільця позначається приблизно як ціла частина частки від ділення значення діаметра на 5 і визначити фактичний діаметр можна тільки по спеціальним таблицям.

Внутрішні діаметри підшипників 0,6; 1,5; 2,5; 22; 28; 32; 500 мм і більше відокремлюють від позначення серії діаметрів навкісною рисою (/).

Додаткові знаки праворуч

Основною відмінністю початку додаткових знаків праворуч є то, що вони завжди починаються з літери.

Принципи побудови додаткових знаків слідує: кожна вимога позначається групою знаків, які складаються з літери, котра характеризує цю вимогу, і однієї або двох цифр, які вказують на конкретні параметри цієї вимоги. В додатковому позначенні може бути тільки одна літера без цифр. Відсутність додаткових знаків свідчить про відсутність відповідних вимог.

1.3.1 Приклади умовних позначень підшипників

Підшипник 25 – однорядний радіальний кульковий підшипник, де 5 – діаметр внутрішнього кільця, мм; 2 – серія діаметрів, легка; конструктивні особливості – 00 (відсутні); серія ширини – 0; клас точності – 0.

Підшипник 60017 – кульковий радіальний (тип підшипника – 0 четверта цифра з права) малогабаритний (третья цифра з права – 0) підшипник; діаметр внутрішнього кільця – 7 мм (перша цифра з права – 7); 1 – серія по діаметру (особливо легка); 6 – конструктивні особливості; серія по ширині та клас точності підшипника – 0 (не проставлені).

Підшипник 4 – 184009/1,5 – однорядний кульковий радіальний (третья цифра справа від похилої риски – 0); серія по діаметру – 0 (друга цифра справа від похилої риски) – малогабаритний підшипник; з діаметром внутрішнього кільця – 1,5 мм; 84 – конструктивні особливості; 1 – серія по ширині; 4 – клас точності підшипника.

Підшипник 5 – 388008/2,5У1Ш2 – кульковий радіальний (тип підшипника – третья цифра справа від похилої риски – 0) малогабаритний підшипник (друга цифра справа від похилої риски – 0); діаметр внутрішнього кільця – 2,5 мм; 8 – серія по діаметру (надлегка); 88 – конструктивні особливості; 3 – серія по ширині; 5 – клас точності підшипника; У1Ш2 – додаткові знаки (спеціальні технічні вимоги до шорсткості поверхонь та шумності).

Підшипник 50300 – кульковий радіальний (тип підшипника – 0 четверта цифра справа) підшипник з діаметром внутрішнього кільця (перша і друга цифри справа 00 – відповідає 10 мм) 10 мм; 3 – серія по діаметру (середня); 05 – конструктивні особливості; 0 – серія по ширині; 0 – клас точності підшипника.

Підшипник 6 – 2307 – роликовий радіальний з короткими циліндричними роликами (тип підшипника – 2) з діаметром внутрішнього кільця ($07 \times 5 = 35$) 35 мм; без конструктивних особливостей (00); серія ширини – 0; 6 – клас точності підшипника.

Підшипник 75 – 3180206ЕТ2С2 – кульковий радіальний підшипник з діаметром внутрішнього кільця ($06 \times 5 = 30$) 30 мм; 2 – серія по діаметру (легка); 18 – конструктивні особливості (двосторонні ущільнювачі); 3 – серія по ширині; 5 – клас точності підшипника; 7 – радіальний зазор по 7 ряду; ЕТ2С2 – додаткові знаки (сепаратор з пластичного матеріалу, температура відпуску кілець 250 °С, у підшипник закладене мастило ЦИАТИМ – 221).

Підшипник 45/28 – підшипник голчастий (4 – тип підшипника); 5 – серія по діаметру (легка широка); внутрішній діаметр підшипника – 28 мм; без конструктивних особливостей (00); серія ширини – 0; клас точності підшипника – 0.

Підшипник 35914 – підшипник з витими роликами (тип підшипника – 5); серія по діаметру – 9 (невизначена); внутрішній діаметр підшипника – близько 70 мм (по каталогу – 68 мм); 3 – конструктивні особливості.

Підшипник 9019424 – підшипник упорний роликовий (тип підшипника – 9 четверта цифра справа); серія по діаметру – важка (третья цифра справа – 4); внутрішній діаметр підшипника – 120 мм (перша і друга цифри справа помножені на 5); 01 – конструктивні особливості; 9 – серія по ширині.

ГЛАВА 2 Вибір підшипників по динамічній вантажності

Вибір підшипників рекомендується проводити в такій послідовності:

- попередньо прийняти тип підшипників з урахуванням умов експлуатації і конструкції вузла;
- визначити типорозмір підшипника, який задовольняє розміру і напрямку визначених навантажень, частоті обертання і необхідного терміну служби;
- призначити клас точності підшипника з урахуванням особливих вимог до точності обертання вузла. Якщо таких немає, приймати нормальний клас точності 0 по ГОСТ 520 - 71.

2.1 Вибір типу підшипників

При виборі типу підшипників конструктор повинен враховувати особливі вимоги до підшипника, що залежать від конструкції вузла, машини або механізму й умов його експлуатації, наприклад, самовстановлюємість для компенсації перекосів вала або корпусу, спроможність забезпечити переміщення вала в осьовому напрямку, монтаж безпосередньо на вал на закріпній або закріпно-стяжній втулці, зниження габаритних розмірів вузла, підвищення жорсткості і точності обертання.

При виборі необхідного для заданих умов роботи типу підшипників повинні бути враховані такі вимоги:

- величину і напрямок навантаження (радіальне, осьове або комбіноване);
- характер навантаження (постійний, змінний, вібраційний або ударний);
- частота обертання обертового кільця підшипника;
- необхідна довговічність (бажаний термін служби, виражений у годинах або мільйонах обертів);
- навколишнє середовище (вологість, наявність пилу, температура і т.п.);
- прийнятна вартість підшипника.

Звичайно слід віддавати перевагу підшипникам кульковим у порівнянні з більш трудомісткими і дорогими роликowymi підшипниками (таблиця 2.1), а також скрізь, де це припустимо, підшипникам нормального класу 0 у порівнянні з підшипниками підвищених і високих класів точності (таблиця 2.2) [1].

Таблиця 2.1 – Відносна вартість підшипників у залежності від типу

Тип підшипника	Кулькові підшипники			Роликові підшипники		Голчасті
	радіальні	радіально-упорні	упорні	радіальні	радіально-упорні	
Відносна вартість	1,0	1,4	1,5	2,2	2,0	2,5

Таблиця 2.2 – Відносна вартість підшипників у залежності від класу точності

Клас точності	0	6	5	4	2
Відносна вартість	1,0	1,3	2,0	4,0	10,0

Якщо немає особливих вимог, то тип підшипника вибирається по співвідношенню осьового і радіального навантажень, що діють на опору по рекомендаціях приведеним у таблиці 2.3 [2].

Таблиця 2.3 - Рекомендації по вибору типу підшипників

Відношення $\frac{F_a}{F_r}$	Характеристика підшипників	Примітка
< 0,35	Однорядні радіальні кулькові підшипники	При використанні підшипників легкої серії утворюються оптимальні результати по граничній швидкохідності
Від 0,35 до 0,7	Радіально-упорні кулькові підшипники типу 36000 з кутом контакту $\alpha = 12^\circ$	Припустимо використання особливо легкої і понад легкої серії
Від 0,71 до 1,0	Радіально-упорні кулькові підшипники типу 46000 з кутом контакту $\alpha = 26^\circ$	При дуже високих швидкостях легка серія більш прийнятна
Від 1,0 до 1,5	Радіально-упорні кулькові підшипники типу 66000 з кутом контакту $\alpha = 36^\circ$	Для високих швидкостей підшипники не придатні
Понад 1,5	Конічні радіально-упорні роликові підшипники типу 7000	Припускається установка спарених радіально-упорних кулькових підшипників.

При виборі підшипників потрібно обов'язково мати на увазі, що радіально-упорні підшипники як кулькові, так і роликові конічні обов'язково встановлюються в парі. Бажано їх застосовувати в конструкціях, де є зовнішні осьові зусилля, для компенсації осьових складових від радіальних навантажень.

Підшипникові вузли валів конічних і черв'ячних передач призначені не тільки для підтримки валів, але і для регулювання правильності зачеплення. Тому в цих випадках застосовуються, як правило, радіально-упорні кулькові та роликові конічні підшипники. Останні мають більшу вантажність, але є більш жорсткими за рахунок лінійчатого контакту тіл кочення з кільцями.

Вантажність радіально-упорних підшипників вища, ніж радіальних, але вони потребують обов'язкового регулювання осьових зазорів.

Упорні підшипники застосовуються для тихохідних валів, тому що при значній частоті обертання вала відцентрові сили інерції, що діють на тіла кочення, викликають значний знос бігових доріжок і самих тіл кочення.

Типорозмір підшипника визначають так:

- виходячи з визначених радіальних і осьових навантажень, з огляду на умови навантаження підшипника, обчислюють еквівалентне навантаження, при прикладенні якого до підшипника забезпечується така ж довговічність, яку досягає підшипник у дійсних умовах навантаження й обертання;

- по розрахункових залежностях, з урахуванням еквівалентного навантаження, частоти обертання підшипника і необхідного терміна служби, розраховують необхідну динамічну вантажність;

- по знайденій динамічній вантажності вибирають з каталогу конкретний типорозмір підшипника і визначають його габаритні розміри.

2.2 Визначення еквівалентного навантаження

Еквівалентним навантаженням для радіальних, упорних і упорно-радіальних підшипників називається таке постійне навантаження, при прикладанні якого до підшипника з тугим внутрішнім кільцем, що обертається разом із валом, і вільним зовнішнім кільцем у корпусі, забезпечується така ж довговічність, яку підшипник буде мати при дійсних умовах навантаження й обертання.

Для радіальних кулькових підшипників і радіально-упорних кулькових і роликових підшипників розмір еквівалентного навантаження визначають по формулі:

$$P_r = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) k_\sigma k_t, \quad (2.1)$$

де F_r - радіальне навантаження, Н;

F_a - осьове навантаження, Н;

X - коефіцієнт радіального навантаження (таблиці 2.4, 2.5, 2.6, 2.7);

Y - коефіцієнт осьового навантаження (таблиці 2.4, 2.5, 2.6, 2.7);

V – кінематичний коефіцієнт, що враховує, яке кільце обертається (при обертанні внутрішнього кільця підшипника $V = 1$, а у випадку обертання зовнішнього кільця $V = 1,2$);

k_σ - коефіцієнт безпеки; який призначають у залежності від характеру навантаження по рекомендаціях приведеним у таблиці 2.8.

k_t - коефіцієнт, що враховує зниження значення динамічної вантажності підшипників, виготовлених з поширеної сталі ШХ15, під впливом температури. Його значення приведені в таблиці 2.9. Дані таблиці 2.9 не поширюються на підшипники, які виготовлені з теплостійких сталей марок 9Х18Ш, 11Х18М та ін.

Радіальне F_r і осьове F_a навантаження визначають при розрахунку валів.

В підшипниках кочення, при відсутності осьового навантаження, з-за наявності радіального зазору між тілами кочення і кільцями має місце нерівномірність навантаження тіл кочення. Зі збільшенням осьового навантаження при постійному радіальному здійснюється зменшення зазору, збільшується робоча дуга в підшипнику і навантаження на тіла кочення розподіляється більш рівномірно. Це компенсує в однорядних підшипниках зростання загального навантаження на підшипник з зростанням осьового навантаження F_a до значення $\frac{F_a}{V \cdot F_r} = e$. З цієї причини значення X та

Y різні при $\frac{F_a}{V \cdot F_r}$, яке більше або менше e .

Попередньо обчисливши значення:

$$\frac{F_a}{F_r} \quad \text{та} \quad \frac{F_a}{V \cdot F_r}, \quad \text{або} \quad \frac{F_a}{C_o}, \quad \frac{i \cdot F_a}{C_o}, \quad (2.2)$$

де C_o – статична вантажність підшипника;

i – кількість рядів тіл кочення у підшипнику;

знаходять коефіцієнти радіального навантаження X і осьового навантаження Y для радіальних і радіально-упорних кулькових підшипників по таблиці 2.4, для радіаль-

но-упорних конічних і радіальних роликів підшипників, що самі встановлюються, по таблиці 2.5, для упорно-радіальних кулькових підшипників по таблиці 2.6, для упорних конічних і упорно-радіальних роликів підшипників, що самі встановлюються, по таблиці 2.7.

Для підшипників із короткими циліндричними роликами еквівалентне навантаження обчислюють по формулі

$$P_r = V \cdot F_r \cdot k_G \cdot k_t \quad (2.3)$$

Для упорно-радіальних підшипників

$$P_r = (X \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot k_G \cdot k_t \quad (2.4)$$

Для упорних підшипників

$$P_r = F_a \cdot k_G \cdot k_t \quad (2.5)$$

Для радіально-упорних кулькових підшипників із номінальним кутом контакту $\alpha > 15^\circ$, роликпідшипників і упорно-радіальних підшипників коефіцієнти X і Y вибирають у залежності від відношення $\frac{F_a}{F_r}$, параметра осевого навантаження e і кута контакту α .

Значення параметру e і коефіцієнта Y для радіальних і радіально-упорних кулькових підшипників із номінальним кутом контакту $\alpha \leq 15^\circ$ вибирають по $\frac{F_a}{C_0}$. При виборі Y застосовують лінійну інтерполяцію (примітка 4 до таблиці 2.4).

При виборі однорядних радіальних і радіально-упорних кулькових підшипників, а також однорядних конічних роликпідшипників слід мати на увазі, що осеві зусилля не роблять впливу на розрахунковий розмір приведенного навантаження до-ти, поки значення $\frac{F_a}{F_r}$ не перевищить визначеного параметру e .

У дворядних радіально-упорних підшипників навіть незначні осеві сили впливають на розмір еквівалентного навантаження, а у випадку, якщо відношення $\frac{F_a}{F_r}$ перевищить параметр e , у цих підшипниках буде працювати тільки один ряд.

Кут контакту для радіально-упорного підшипника, що вибирається, повинен відповідати відношенню $\frac{F_a}{F_r}$. При цьому доцільно орієнтуватися на такий підшипник, для якого значення параметру e було можливо ближчим до відношення $\frac{F_a}{F_r}$.

Таблиця 2.4 - Значення X і Y для радіальних і радіально-упорних кулькових підшипників

Тип підшипника			Однорядні		Дворядні				e
			$\frac{F_a}{V \cdot F_r} > e$		$\frac{F_a}{V \cdot F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{V \cdot F_r} > e$		
α	$\frac{F_a}{C_o}$	$\frac{i \cdot F_a}{C_o}$	X	Y	X	Y	X	Y	
Кулькові радіальні підшипники									
0°	0,014			2,30				2,30	0,19
	0,028			1,99				1,99	0,22
	0,056			1,71				1,71	0,26
	0,084			1,55				1,55	0,28
	0,11	–	0,56	1,45	1,0	0	0,56	1,45	0,30
	0,17			1,31				1,31	0,34
	0,28			1,15				1,15	0,38
	0,42			1,04				1,04	0,42
	0,56			1,00				1,00	0,44
Кулькові радіально-упорні підшипники									
5°		0,014		2,30		2,78		3,74	0,23
		0,029		1,99		2,40		3,23	0,26
		0,057		1,71		2,07		2,78	0,30
		0,086		1,55		1,87		2,52	0,34
		0,11	0,56	1,45	1,0	1,75	0,78	2,36	0,36
		0,17		1,31		1,58		2,13	0,40
		0,29		1,15		1,39		1,87	0,45
		0,43		1,04		1,26		1,69	0,50
		0,57		1,00		1,21		1,63	0,52
10°		0,014		1,88		2,18		3,06	0,29
		0,029		1,71		1,98		2,78	0,32
		0,057		1,52		1,76		2,47	0,36
		0,086		1,41		1,63		2,29	0,38
		0,11	0,46	1,34	1,0	1,55	0,75	2,18	0,40
		0,17		1,23		1,42		2,00	0,44
		0,29		1,10		1,27		1,79	0,49
		0,43		1,01		1,17		1,64	0,54
		0,57		1,00		1,16		1,63	0,54

Продовження таблиці 2.4

Тип підшипника			Однорядні		Дворядні				e	
			$\frac{F_a}{V \cdot F_r} > e$		$\frac{F_a}{V \cdot F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{V \cdot F_r} > e$			
α	$\frac{F_a}{C_o}$	$\frac{i \cdot F_a}{C_o}$	X	Y	X	Y	X	Y	e	
12°	–	0,014	0,45	1,81	1,0	2,08	0,74	2,94		0,30
		0,029		1,62		1,84		2,63	0,34	
		0,057		1,46		1,60		2,37	0,37	
		0,086		1,34		1,52		2,18	0,41	
		0,11		1,22		1,39		1,98	0,45	
		0,17		1,13		1,30		1,84	0,48	
		0,29		1,04		1,20		1,69	0,52	
		0,43		1,01		1,16		1,64	0,54	
		0,57		1,00		1,16		1,62	0,54	
15°	–	0,015	0,44	1,47	1,0	1,65	0,72	2,39	0,38	
		0,029		1,40		1,57		2,28	0,40	
		0,058		1,30		1,46		2,11	0,43	
		0,087		1,23		1,38		2,00	0,46	
		0,12		1,19		1,34		1,93	0,47	
		0,17		1,12		1,26		1,82	0,50	
		0,29		1,02		1,14		1,66	0,55	
		0,44		1,00		1,12		1,63	0,56	
		0,58		1,00		1,12		1,63	0,56	
18°, 19°, 20°, 24°, 25°, 26°, 30°, 35°, 36°, 40° 45°			0,43 0,41 0,39 0,37 0,35 0,33	1,00 0,87 0,76 0,66 0,57 0,50	1,0	1,09 0,92 0,78 0,66 0,55 0,47	0,70 0,67 0,63 0,60 0,57 0,54	1,63 1,44 1,24 1,07 0,93 0,81	0,57 0,68 0,80 0,95 1,14 0,34	
Кулькові підшипники, що самі встановлюються			0,40	$0,4 \cdot \text{ctg} \alpha$		1,0	$0,42 \cdot \text{ctg} \alpha$	0,65	$0,65 \cdot \text{ctg} \alpha$	$1,5 \cdot \text{tg} \alpha$
Кулькові підшипники радіальні однорядні роз'ємні (магнетні)			0,50	2,50		–	–	–	–	0,20

Примітка: 1. Для однорядних підшипників при $\frac{F_a}{V \cdot F_r} \leq e$ приймається $X = 1$ и $Y = 0$.

2. При розрахунку приведенного навантаження для спарених однорядних радіально-упорних кулькових підшипників, встановлених вузькими або широкими торцями зовнішніх кілець один до одного, пара однакових кулькових підшипників розглядається як один дворядний радіально-упорний кульковий підшипник.

3. При розрахунку приведеного навантаження для вузла, який складається з двох або більше однорядних радіальних або радіально-упорних кулькових підшипників, встановлених послідовно, використовують значення X і Y для однорядних кулькових підшипників.

4. При проміжних значеннях відношення $\frac{i \cdot F_a}{C_o}$, не наведених в таблиці, коефіцієнти X , Y та e , визначають лінійною інтерполяцією по формулі:

$$X = X_{\text{менше}} + \frac{\frac{i \cdot F_a}{C_o} - \left(\frac{i \cdot F_a}{C_o}\right)_{\text{менше}}}{\left(\frac{i \cdot F_a}{C_o}\right)_{\text{більше}} - \left(\frac{i \cdot F_a}{C_o}\right)_{\text{менше}}} \cdot (X_{\text{більше}} - X_{\text{менше}})$$

де $X_{\text{менше}}$ – значення коефіцієнта радіального навантаження X відповідне найближчому меншому відношенню $\frac{i \cdot F_a}{C_o}$;

$X_{\text{більше}}$ – значення коефіцієнта радіального навантаження X відповідне найближчому більшому відношенню $\frac{i \cdot F_a}{C_o}$;

$\left(\frac{i \cdot F_a}{C_o}\right)_{\text{менше}}$ та $\left(\frac{i \cdot F_a}{C_o}\right)_{\text{більше}}$ – відповідні найближчі менше та більше значення відношення $\frac{i \cdot F_a}{C_o}$.

Таблиця 2.5 - Значення X і Y для радіально-упорних конічних і радіальних роликів підшипників, що самі встановлюються

$\frac{F_a}{V \cdot F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{V \cdot F_r} > e$		e
X	Y	X	Y	
Підшипники однорядні				
1,0	0	0,4	$0,4 \cdot \text{ctg} \alpha$	$1,5 \cdot \text{tg} \alpha$
Підшипники дворядні				
1,0	$0,45 \cdot \text{ctg} \alpha$	0,67	$0,67 \cdot \text{ctg} \alpha$	$1,5 \cdot \text{tg} \alpha$

Примітка: 1. При $\alpha = 0$ $F_a = 0$ та $X = 1$.

2 Передбачається, що дворядні підшипники мають симетричну конструкцію.

Таблиця 2.6 - Значення X і Y для упорно-радіальних кулькових підшипників

Кут кон-такту α°	Одинарні підшипники		Подвійні підшипники				e
	$\frac{F_a}{F_r} > e$		$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$		
	X	Y	X	Y	X	Y	
45	0,66	1,0	1,18	0,59	0,66	1,0	1,25
50	0,73	1,0	1,37	0,57	0,73	1,0	1,49
55	0,81	1,0	1,60	0,56	0,81	1,0	1,79
60	0,92	1,0	1,90	0,55	0,92	1,0	2,17
65	1,06	1,0	2,30	0,54	1,06	1,0	2,68
70	1,28	1,0	2,90	0,53	1,28	1,0	3,43
75	1,66	1,0	3,89	0,52	1,66	1,0	4,67
80	2,43	1,0	5,86	0,52	2,43	1,0	7,09
85	4,80	1,0	11,75	0,51	4,80	1,0	14,28
90	$1,25 \times \operatorname{tg} \alpha \times (1 - 2 \sin \alpha / 3)$	1,0	$20 \times \operatorname{tg} \alpha \times \times 13 \times (1 - \sin \alpha / 3)$	$10 / 13 \times (1 - \sin \alpha / 3)$	$1,25 \times \operatorname{tg} \alpha \times (1 - 2 \sin \alpha / 3)$	1,0	$1,25 \operatorname{tg} \alpha$

Примітка: 1. Подвійні підшипники мають симетричну конструкцію.

Таблиця 2.7 - Значення X і Y для упорних з конічними роликами і упорно-радіальних роликових підшипників, що самі встановлюються

Одинарні підшипники		Подвійні підшипники				e
$\frac{F_a}{F_r} > e$		$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$		
X	Y	X	Y	X	Y	
$\operatorname{tg} \alpha$	1,0	$1,5 \cdot \operatorname{ctg} \alpha$	0,67	$\operatorname{tg} \alpha$	1,0	$1,5 \cdot \operatorname{tg} \alpha$

Примітка: 1 Передбачається, що подвійні підшипники мають симетричну конструкцію.

Таблиця 2.8 - Значення коефіцієнта безпеки k_6 у залежності від характеру навантаження

Характер навантаження на підшипник	k_6	Приклади використання
Спокійне навантаження без поштовхів	1,0	Ролики стрічкових конвеєрів, малопотужні кінематичні редуктори і приводи
Легкі поштовхи. Короткочасні перевантаження до 125 % номінального (розрахункового) навантаження	1,0 - 1,2	Прецизійні зубчасті передачі; металорізальні верстати (крім стругальних і довбальних); блоки вантажних кранів; електродвигуни малої і середньої потужності; легкі вентилятори і повітродувки
Помірні поштовхи. Вібруюче навантаження. Короткочасне перевантаження до 150 % номінального (розрахункового) навантаження	1,3 - 1,5	Букси рейкового рухливого складу, зубчасті передачі 7 і 8-й ступеня точності, редуктори всіх конструкцій
Те ж, за умови підвищеної надійності	1,5 - 1,8	Центрифуги, потужні електричні машини, енергетичне устаткування
Навантаження зі значними поштовхами і вібрацією. Короткочасні перевантаження до 200 % номінального (розрахункового) навантаження	1,8 - 2,5	Зубчасті передачі 9-го ступеня точності. Дробарки і копри, кривошипно-шатунні механізми, валки прокатних станів, потужні вентилятори і ексгаустери
Навантаження із сильними ударами і короткочасні перевантаження до 300 % номінального навантаження	2,5 - 3,0	Важкі кувальні машини; лісопилльні рами; робочі рольганги великих прокатних станів, блюмінгів і слябінгів

Таблиця 2.9 - Значення температурного коефіцієнта k_t у залежності від робочої температури підшипника

Робоча температура підшипника, °C	до100	125	150	175	200	225	250
Температурний коефіцієнт k_t	1,00	1,05	1,10	1,15	1,25	1,35	1,40

2.2.1 Особливості визначення осьового навантаження радіально-упорних підшипників

Розрахункові осьові навантаження, що діють на радіально-упорні підшипники, визначають у залежності від схеми впливу зовнішніх сил з урахуванням обраного відносного розташування підшипників (рисунок 2.1). Крім цього, при розрахунку радіально-упорних підшипників необхідно враховувати, що в них при радіальному навантаженні та відсутності осьового зазору і натягу завжди виникає осьова сила S .

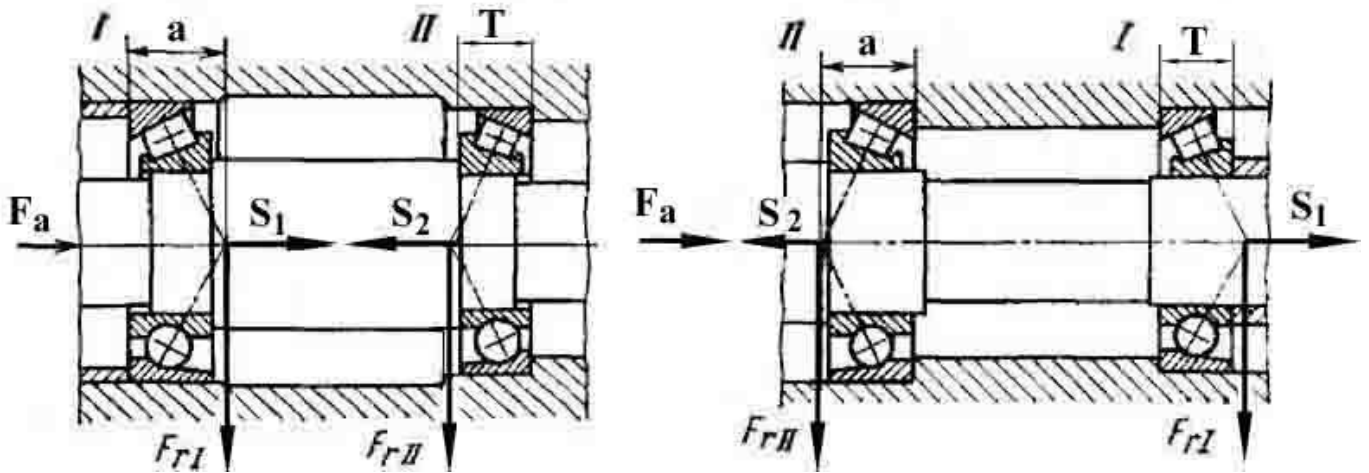


Рисунок 2.1 - Дві схеми встановлення радіально-упорних підшипників

Розрахункове осьове навантаження на кожний із двох підшипників можуть бути визначені по формулах, приведених у таблиці 2.10, у котрій S_1 і S_2 - осьові складові від радіальних навантажень, прикладених відповідно до підшипників I і II. Їх значення визначають по таких формулах:

– для радіальних і радіально-упорних кулькових підшипників

$$S = e \cdot F_r \tag{2.6}$$

– для конічних роликових підшипників

$$S = 0,83 \cdot e \cdot F_r \tag{2.7}$$

Для радіально-упорних кулькових і роликових підшипників із кутом контакту $\alpha > 18^\circ$ значення e приведені в таблицях 2.4 і 2.5.

Таблиця 2.10 - Формули для розрахунку осьового навантаження

	Умови навантаження	Осьові навантаження
1	$S_1 \geq S_2 \quad A \geq 0$	$F_{a1} = S_1 \quad F_{a2} = S_1 + A$
2	$S_1 < S_2 \quad A \geq S_2 - S_1$	
3	$S_1 < S_2 \quad A \leq S_2 - S_1$	$F_{a1} = S_2 - A \quad F_{a2} = S_2$

Радіальна реакція підшипника умовно прикладається до вала в точці перетинання нормалей, проведених через середини контактних площадок тіл кочення і кілець.

Відстань **a** між цією точкою і торцем підшипника (рисунок 2.1) приблизно може бути визначена по таких формулах (при сприйнятті навантаження одним рядом тіл кочення):

для однорядних радіально-упорних кулькових підшипників

$$a = 0,5 \cdot [B + (d + D) \cdot \operatorname{tg} \alpha] \quad (2.8)$$

для дворядних радіально-упорних кулькових підшипників

$$a = 0,5 \cdot \left[\frac{3 \cdot B}{2} + (d + D) \cdot \operatorname{tg} \alpha \right] \quad (2.9)$$

для однорядних конічних роликів підшипників

$$a = \frac{T}{2} + \frac{(d + D) \cdot e}{3} \quad (2.10)$$

для дворядних конічних роликів підшипників

$$a = \frac{3 \cdot T}{4} + \frac{(d + D) \cdot e}{3} \quad (2.11)$$

Розміри ширини **B** и монтажно́ї висоти **T** підшипників, а також діаметрів **d** і **D** приймають із каталогу.

2.2.2 Допустиме осьове навантаження на роликові підшипники з бортиками

Підшипники 12000, 42000, 92000 і 62000, що мають бортики на зовнішніх і внутрішніх кільцях, спроможні сприймати іноді осьові навантаження порівняно невеликого значення. На відміну від кулькових підшипників, роликів підшипників із бочкоподібними і конічними роликами, у підшипників із циліндричними роликами осьове навантаження у визначених припустимих межах не викликає зменшення їхньої розрахункової довговічності. Це обумовлено сприйняттям осьових навантажень не утворюючими поверхонь, що контактують під дією радіальних сил, а бортиками кілець і торцями роликів.

Допустиме осьове навантаження для підшипників серій 2100, 2200, 2300 і 2400 можна визначити по формулі

$$A_{\text{доп}} = k_A \cdot C_O \cdot [1,75 - 0,125 \cdot n \cdot k_B \cdot (D - d)] \quad (2.12)$$

Для підшипників серій 2500 і 2600 слід використовувати формулу

$$A_{\text{доп}} = k_A \cdot C_O \cdot [1,16 - 0,08 \cdot n \cdot k_B \cdot (D - d)] \quad (2.13)$$

де C_O – статична вантажність, Н;

n – найбільша частота обертання, об/хв;

k_A, k_B – коефіцієнти (таблиці 2.11 і 2.12)

Таблиця 2.11 – Значення коефіцієнта k_A

Розмірна серія підшипника	k_A
100, 200, 500	$8,5 \times 10^{-5}$
300, 600	7×10^{-5}
400	6×10^{-5}

При малих частотах обертання підшипники можуть сприймати і більші значення короточасних осьових навантажень, але вони в будь-якому випадку не повинні перевищувати 40 % від статичної вантажності підшипника.

Таблиця 2.12 – Значення коефіцієнта k_B

Умови роботи підшипника	Мастило	Приклад застосування	K_B
Постійне осьове навантаження і постійна температура	Пластичне	Газові турбіни (застосовувати радіальні підшипники з циліндричними роликками не рекомендується)	0
		Тягові електродвигуни	0,02
Перемінне осьове навантаження і помірна температура	Рідке мінеральне	Головна передача в коробках передач автомобіля	0,1
		Вал шестерні заднього ходу в коробках передач автомобілів	0,2
Випадкове осьове навантаження і низька температура	Пластичне	Блоки, електроталі, кран-балки	0,2

При значному розмірі осьових зусиль бажано уникати сприйняття їх бортиками кілець циліндричних роликпідшипників, або вирішувати питання про використання цих підшипників за результатами випробувань.

2.3 Вибір підшипників, що працюють при перемінних режимах

Для підшипникових вузлів, де розмір визначених навантажень і частота обертання змінюються в часу (наприклад, в опорах коробок передач, канатних барабанів і т.п.) підшипники вибирають по еквівалентному навантаженню P_r і умовній частоті обертання.

Еквівалентне навантаження при кожному режимі визначають по формулах 2.1, 2.3, 2.4, 2.5.

Якщо навантаження змінюється по лінійному закону від P_{rmin} до P_{rmax} , то еквівалентне навантаження може бути визначене по формулі:

$$P_r = \frac{P_{rmin} + 2 \cdot P_{rmax}}{3} \quad (2.14)$$

При більш складному законі зміни частоти обертання та навантажень для визначення еквівалентного навантаження застосовують формулу:

$$P_r = \sqrt{\frac{P_{r1}^3 L_1 + P_{r2}^3 L_2 + \dots + P_{rn}^3 L_n}{L}}, \quad (2.15)$$

де P_{r1} , P_{r2} , P_{rn} - навантаження, що діють протягом L_1 , L_2 , L_n мільйонів обертів;
 L - загальне число мільйонів обертів, протягом якого діють зазначені навантаження.

Формула (2.15) справедлива для всіх типорозмірів крім підшипників із витими роликками.

2.4 Визначення довговічності та динамічної вантажності

Відношення $C/P_r = L^{1/p}$ може бути визначене по таблиці 2.13 для будь-якої заданої довговічності L, яка виражена у мільйонах обертів.

Таблиця 2.13 – Визначення довговічності підшипників L у мільйонах обертів

Кулькові підшипники				Роликові підшипники			
L	$\frac{C}{P_r}$	L	$\frac{C}{P_r}$	L	$\frac{C}{P_r}$	L	$\frac{C}{P_r}$
0,5	0,793	600	8,43	0,5	0,812	600	6,81
0,75	0,909	650	8,66	0,75	0,917	650	6,98
1,0	1,00	700	8,88	1,0	1,00	700	7,14
1,5	1,14	750	9,09	1,5	1,13	750	7,29
2,0	1,26	800	9,28	2,0	1,24	800	7,43
3,0	1,44	850	9,47	3,0	1,39	850	7,56
4,0	1,59	900	9,65	4,0	1,52	900	7,70
5,0	1,71	950	9,83	5,0	1,62	950	7,82
6,0	1,82	1000	10,0	6,0	1,71	1000	7,94
8,0	2,00	1100	10,3	8,0	1,87	1100	8,17
10,0	2,15	1200	10,6	10,0	2,00	1200	8,39
12,0	2,29	1300	10,9	12,0	2,11	1300	8,59
14,0	2,41	1400	11,2	14,0	2,21	1400	8,79
16,0	2,52	1500	11,4	16,0	2,30	1500	8,97
18,0	2,62	1600	11,7	18,0	2,38	1600	9,15
20,0	2,71	1700	11,9	20,0	2,46	1700	9,31
25,0	2,92	1800	12,2	25,0	2,63	1800	9,48
30,0	3,11	1900	12,4	30,0	2,77	1900	9,63
35,0	3,27	2000	12,6	35,0	2,91	2000	9,78
40,0	3,42	2200	13,0	40,0	3,02	2200	10,10
45,0	3,56	2400	13,4	45,0	3,13	2400	10,30
50,0	3,68	2600	13,8	50,0	3,23	2600	10,60
60,0	3,91	2800	14,1	60,0	3,42	2800	10,80
70,0	4,12	3000	14,4	70,0	3,58	3000	11,00
80,0	4,31	3200	14,7	80,0	3,72	3200	11,30
90,0	4,48	3400	15,0	90,0	3,86	3400	11,50
100,0	4,64	3600	15,3	100,0	3,98	3600	11,70
120,0	4,93	3800	15,6	120,0	4,20	3800	11,90
140,0	5,19	4000	15,9	140,0	4,40	4000	12,00
160,0	5,43	4500	16,5	160,0	4,58	4500	12,50
180,0	5,65	5000	17,1	180,0	4,75	5000	12,90
200,0	5,85	5500	17,7	200,0	4,90	5500	13,20
220,0	6,04	6000	18,2	220,0	5,04	6000	13,60
240,0	6,21	6500	18,7	240,0	5,18	6500	13,90
260,0	6,38	7000	19,1	260,0	5,30	7000	14,20
280,0	6,54	7500	19,6	280,0	5,42	7500	14,50
300,0	6,69	8000	20,0	300,0	5,54	8000	14,80
320,0	6,84	8500	20,4	320,0	5,64	8500	15,10
340,0	6,96	9000	20,8	340,0	5,75	9000	15,40
360,0	7,11	9500	21,2	360,0	5,85	9500	15,60
380,0	7,24	10000	21,5	380,0	5,94	10000	15,80
400,0	7,37	12000	22,9	400,0	6,03	12000	16,70
420,0	7,49	14000	24,1	420,0	6,12	14000	17,50
440,0	7,61	16000	25,2	440,0	6,21	16000	18,20
460,0	7,72	18000	26,2	460,0	6,29	18000	18,90
480,0	7,83	20000	27,1	480,0	6,37	20000	19,50
500,0	7,94	25000	29,2	500,0	6,45	25000	20,90
550,0	8,19	30000	31,1	550,0	6,64	30000	22,00

Таблиця 2.14 - Визначення довговічності кулькових підшипників L_h по значенню відношення $\frac{c}{p}$ і частоти обертання n

L_h , ГОД	n, об/хв													
	10	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
100									1,06	1,15	1,24	1,34	1,45	1,56
500				1,06	1,24	1,45	1,56	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67
1000			1,15	1,34	1,56	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1250		1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63
1600		1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91
2000	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23
2500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
3200	2,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93
4000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32
5000	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75
6300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20
8000	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70
10000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23
12500	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81
16000	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43
20000	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11
25000	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83
32000	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6
40000	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,1	11,5
50000	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4
63000	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4
80000	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5
100000	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6
200000	4,93	5,75	6,70	7,81	9,11	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6

Продовження таблиці 2.14

L _h , год	n, об/хв													
	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	6000	6300	9000	10000	12500	16000
100	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
500	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81
1 000	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,73
1 250	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6
1 600	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5
2 000	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4
2 500	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4
3 200	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5
4 000	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6
5 000	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8
6 300	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2
8 000	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6
10 000	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2
12 500	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9
16 000	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7
20 000	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7
25 000	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8
32 000	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1
40 000	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1	
50 000	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1		
63 000	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1			
80 000	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1				
100 000	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1					
200 000	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1								

Таблиця 2.15 – Визначення довговічності роликових підшипників L_h по значенню відношення $\frac{C}{P}$ і частоти обертання n

L_h , год	n , об/хв.													
	10	16	23	40	63	100	125	160	200	250	820	400	500	630
100									1,05	1,13	1,21	1,30	1,39	1,49
500				1,05	1,21	1,39	1,49	1,60	1,71	1,83	1,97	2,11	2,26	2,42
1 000			1,13	1,30	1,49	1,71	1,83	1,97	2,11	2,26	2,42	2,59	2,78	2,97
1 250		1,05	1,21	1,39	1,60	1,83	1,97	2,11	2,26	2,42	2,59	2,78	2,97	3,19
1 600		1,13	1,30	1,49	1,71	1,97	2,11	2,26	2,42	2,59	2,78	2,97	3,19	3,42
2 000	1,05	1,21	1,39	1,60	1,83	2,11	2,26	2,42	2,59	2,78	2,97	3,19	3,42	3,66
2 500	1,13	1,30	1,49	1,71	1,97	2,26	2,42	2,59	2,78	2,97	3,19	3,42	3,66	3,92
3 200	1,21	1,39	1,60	1,83	2,11	2,42	2,59	2,78	2,97	3,19	3,42	3,66	3,92	4,20
4 000	1,30	1,49	1,71	1,97	2,26	2,59	2,78	2,97	3,19	3,42	3,66	3,92	4,20	4,50
5 000	1,39	1,60	1,83	2,11	2,42	2,78	2,97	3,19	3,42	3,66	3,92	4,23	4,50	4,82
6 300	1,49	1,71	1,97	2,26	2,59	2,97	3,19	3,42	3,66	3,92	4,20	4,50	4,82	5,17
8 000	1,60	1,83	2,11	2,42	2,78	3,19	3,42	3,66	3,92	4,20	4,50	4,82	5,17	5,54
10 000	1,71	1,97	2,26	2,59	2,97	3,42	3,66	3,92	4,20	4,50	4,82	5,17	5,54	5,94
12 500	1,83	2,11	2,42	2,78	3,19	3,66	3,92	4,20	4,50	4,82	5,17	5,54	5,94	6,36
16 000	1,97	2,26	2,59	2,97	3,42	3,92	4,20	4,50	4,82	5,17	5,54	5,94	6,36	6,81
20 000	2,11	2,42	2,78	3,19	3,66	4,20	4,50	4,82	5,17	5,54	5,94	6,36	6,81	7,30
25 000	2,26	2,59	2,97	3,42	3,92	4,50	4,82	5,17	5,54	5,94	6,36	6,81	7,30	7,82
32 000	2,42	2,78	3,19	3,66	4,20	4,82	5,17	5,54	5,94	6,36	6,81	7,30	7,82	8,38
40 000	2,59	2,97	3,42	3,92	4,50	5,17	5,54	5,94	6,36	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98
50 000	2,78	3,19	3,66	4,20	4,82	5,54	5,94	6,36	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98	9,62
63 000	2,97	3,42	3,92	4,50	5,17	5,94	6,36	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98	9,62	10,3
80 000	3,19	3,66	4,20	4,82	5,54	6,36	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98	9,62	10,3	11,0
100 000	3,42	3,92	4,50	5,17	5,94	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98	9,62	10,3	11,0	11,8
200 000	4,20	4,82	5,54	6,36	7,30	8,38	8,98	9,62	10,3	11,0	11,8	12,7	13,6	14,6

Продовження таблиці 2.15

L _h , год	n, об/хв													
	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000
100	1,60	1,71	1,83	1,97	2,11	2,26	2,42	2,59	2,78	2,97	3,19	3,42	3,66	3,92
500	2,59	2,78	2,97	3,19	3,42	3,66	3,92	4,20	4,50	4,82	5,17	5,54	5,94	6,36
1 000	3,19	3,42	3,66	3,92	4,20	4,50	4,82	5,17	5,54	5,94	6,36	6,81	7,30	7,82
1 250	3,42	3,66	3,92	4,20	4,50	4,82	5,17	5,54	5,94	6,36	6,81	7,30	7,82	8,38
1 600	3,66	3,92	4,20	4,50	4,82	5,17	5,54	5,94	6,38	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98
2 000	3,92	4,20	4,50	4,82	5,17	5,54	5,94	6,36	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98	9,62
2 500	4,20	4,50	4,82	5,17	5,54	5,94	6,36	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98	9,62	10,3
3 200	4,50	4,82	5,17	5,54	5,94	6,36	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98	9,62	10,3	11,0
4 000	4,82	5,17	5,54	5,94	6,36	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98	9,62	10,3	11,0	11,8
5 000	5,17	5,54	5,94	6,36	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98	9,62	10,3	11,0	11,8	12,7
6 300	5,54	5,94	6,36	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98	9,62	10,3	11,0	11,8	12,7	13,6
8 000	5,94	6,36	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98	9,62	10,3	11,0	11,8	12,7	13,6	14,6
10 000	6,36	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98	9,62	10,3	11,0	11,8	12,7	13,6	14,6	15,6
12 500	6,81	7,30	7,82	8,38	8,98	9,62	10,3	11,0	11,8	12,7	13,6	14,6	15,6	16,7
16 000	7,30	7,82	8,38	8,98	9,62	10,3	11,0	11,8	12,7	13,6	14,6	15,6	16,7	17,9
20 000	7,82	8,38	8,98	9,62	10,3	11,0	11,8	12,7	13,6	14,6	15,6	16,7	17,9	19,2
25 000	8,38	8,98	9,62	10,3	11,0	11,8	12,7	13,6	14,6	15,6	16,7	17,9	19,2	20,6
32 000	8,98	9,62	10,3	11,0	11,8	12,7	13,6	14,6	15,6	16,7	17,9	19,2	20,6	
40 000	9,62	10,3	11,0	11,8	12,7	13,6	14,6	15,6	16,7	17,9	19,2	20,6		
50 000	10,3	11,0	11,8	12,7	13,6	14,6	15,6	16,7	17,9	19,2	20,6			
63 000	11,0	11,8	12,7	13,6	14,6	15,6	16,7	17,9	19,2	20,6				
80 000	11,8	12,7	13,6	14,6	15,6	16,7	17,9	19,2	20,6					
100 000	12,7	13,6	14,6	15,6	16,7	17,9	19,2	20,6						
200 000	15,6	16,7	17,9	19,2	20,6									

Таблиця 2.16 – Значення розрахункової довговічності для різних типів машин

Приклади машин та устаткування	L_h , год
Прилади та апарати, що використовуються періодично: демонстраційна апаратура, механізми для закривання дверей, побутові прилади.	500
Невідповідальні механізми, що використовуються протягом коротких періодів часу: механізми з ручним приводом, сільськогосподарські машини, піднімальні крани в складальних цехах, легкі конвеєри.	4 000 і більш
Відповідальні механізми, що працюють із перервами: допоміжні механізми на силових станціях, конвеєри для потокового виробництва, ліфти, металообробні верстати, що нечасто використовуються.	8 000 і більш
Машини для однозмінної роботи з неповним завантаженням: стаціонарні електродвигуни, редуктори загального призначення, металорізні верстати, які часто використовуються.	12 000 і більш
Машини, що працюють із повним завантаженням в одну зміну: машини загального машинобудування, піднімальні крани для режимів Т і ВТ, вентилятори, розподільні вали.	Близько 20000
Машини для цілодобового використання: компресори, насоси, шахтні підіймачі, стаціонарні електромашини, судові приводи.	40 000 і більш
Безупинно працюючі машини з високим навантаженням: устаткування паперових фабрик, енергетичні пристрої, шахтні насоси, устаткування торгових морських судів.	100 000 і більш

Для підшипників, що працюють при постійній швидкості обертання, простіше виражати довговічність L_h у робочих часах.

Значення $\frac{C}{P_r}$ для різноманітних частот обертання і різних довговічностей, виражених у робочих часах, приведені в таблицях 2.14 і 2.15 окремо для кулькових і роликових підшипників. Значення розрахункової довговічності роботи L_h , яка рекомендується для різних типів машин, приведені в таблиці 2.16.

При виборі підшипників слід враховувати частоту обертання, яка допускається. Гранична частота обертання орієнтовно оцінюється параметром $d_m \times n = \text{const}$, що варіює в залежності від конструкції підшипника і матеріалу його сепаратора. Крім того, гранична частота обертання залежить від засобу змащення, умов охолодження, від розміру і характеру прикладеного навантаження й інших факторів.

В каталогах розміри граничних частот обертання відповідають, при відсутності спеціальної обмовки, підшипникам із сталевим штампованим сепаратором.

2.5 Методика підбору підшипників кочення по динамічній вантажності

1 Скласти розрахункову схему вала.

2 Визначити реакції в опорах і напрямок дії осьової сили. При розрахунках для радіально-упорних підшипників треба враховувати відстань від торців підшипників до точки прикладання реакцій.

3 Визначити відношення осьової сили до радіального навантаження для опори, яка сприймає осьову силу.

4 Вибрати тип підшипника згідно з рекомендаціями таблиці 2.3, враховуючи конструктивні вимоги до майбутньої опори (уніфікація підшипників, вимоги до регулювання осьового положення вала або зачеплення і т.п.).

5 Визначити відношення осьової сили до статичної вантажності $\frac{F_a}{C_o}$ або $\frac{i \cdot F_a}{C_o}$

і вибрати коефіцієнт осьового навантаження e .

5.1 Для радіально-упорних підшипників визначити осьові складові від дії радіальних навантажень по формулах 2.6 або 2.7.

5.2 Для радіально-упорних підшипників прийняти схему встановлення підшипників і визначити результуючі осьові навантаження на опори (таблиця 2.10).

6 Визначити відношення осьового навантаження до коефіцієнта обертання та радіального навантаження $\frac{F_a}{V \cdot F_r}$, порівняти це відношення з коефіцієнтом осьового

навантаження e та встановити значення коефіцієнтів радіального X та осьового Y навантажень.

7 Визначити еквівалентне навантаження P_r , для чого попередньо вибрати:

– коефіцієнт безпеки k_b по таблиці 2.8;

– температурний коефіцієнт k_t по таблиці 2.9.

8 Визначити довговічність роботи підшипника і порівняти її з необхідною.

9 Якщо розрахункова довговічність роботи підшипника менша за потрібну, то треба вибрати підшипник більшої серії та повторити розрахунки починаючи з п'ятого пункту.

2.6 Приклади розрахунків

Приклад 1: При розрахунку швидкохідного вала редуктора (рисунок 2.2) були визначені реакції опор $F_{r1} = 3600$ Н; $F_{r2} = 1800$ Н; осьове зусилля $F_a = 1400$ Н; Діаметр шийки вала $d = 50$ мм; $n = 1400$ об/хв. Короткочасні перевантаження не перевищують 150 %. Робоча температура до 80 ° С.

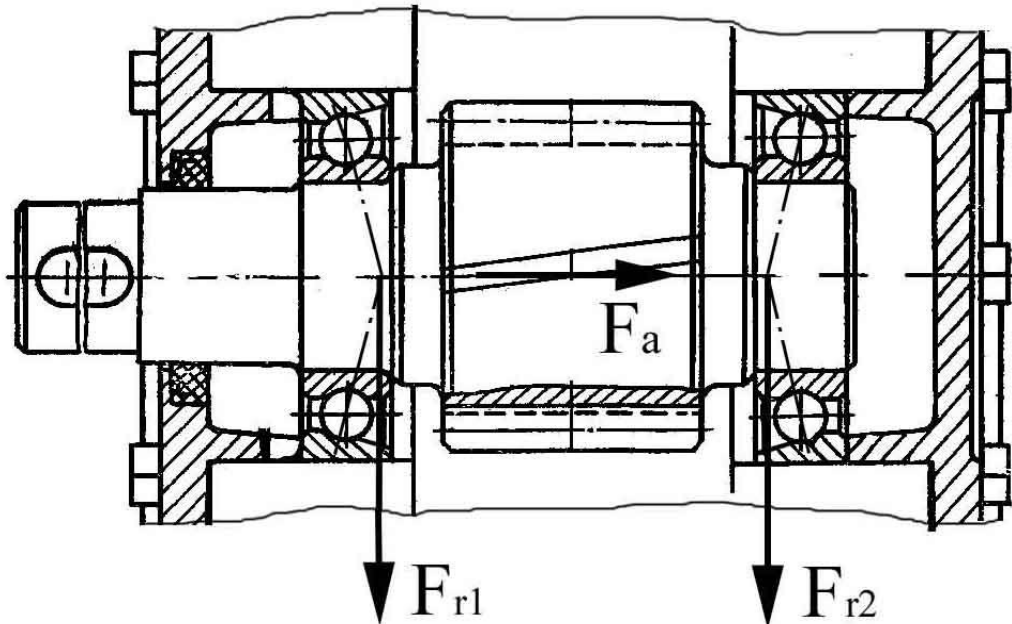


Рисунок 2.2 – Схема встановлення підшипників на швидкохідному валу

Розрахунок

Осьове навантаження діє на другу опору, тому визначаємо відношення $\frac{F_a}{F_r}$ для цієї опори.

$$\frac{F_a}{F_{r2}} = \frac{1400}{1800} = 0,78$$

На основі рекомендацій, приведених у таблиці 2.3, намічаємо тип підшипника - кульковий радіально-упорний підшипник із кутом контакту $\alpha = 12$ °. Спочатку приймаємо підшипник легкої серії № 36210К, у якого $d = 50$ мм, $D = 90$ мм, $B = 20$ мм, $C = 35500$ Н, $C_0 = 28500$ Н (додаток А, таблиця А.3).

Відношенню $\frac{i \cdot F_a}{C_0} = \frac{1 \cdot 1400}{27600} = 0,049$ відповідає значення $e = 0,361$, розраховане по примітці 4 до таблиці 2.4.

Осьові складові

$$\text{першої опори } S_1 = e \cdot F_{r1} = 0,361 \cdot 3600 = 1300 \text{ Н,}$$

$$\text{другої опори } S_2 = e \cdot F_{r2} = 0,361 \cdot 1800 = 650 \text{ Н.}$$

Так як $S_1 > S_2$ і $F_a > 0$, то згідно з даними таблиці 2.10:

$$F_{a1} = S_1 = 1300 \text{ Н,}$$

$$F_{a2} = S_1 + F_a = 1300 + 1400 = 2700 \text{ Н.}$$

$$\text{Перевіряємо відношення } \frac{F_{a2}}{C_0} = \frac{2700}{28500} = 0,095.$$

Уточнюємо (по таблиці. 2.4) $e = 0,425$.

$$\text{Для першої опори } \frac{F_{a1}}{V \cdot F_{r1}} = \frac{1300}{1 \cdot 3600} = 0,361 < e$$

Отже (див. примітка 1 до таблиці 2.4) $X = 1, Y = 0$.

Приведене навантаження

$$P_r = X \cdot V \cdot F_{r1} \cdot k_b \cdot k_t = 3600 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 = 5040 \text{ Н.}$$

$$\text{Для другої опори } \frac{F_{a2}}{V \cdot F_{r2}} = \frac{2700}{1 \cdot 1800} = 1,5 > e$$

Отже, (таблиця 2.4) $X = 0,45; Y = 1,25$.

$$P_{r2} = (X \cdot V \cdot F_{r2} + Y \cdot F_{a2}) \cdot k_b \cdot k_t$$

$$P_{r2} = (0,45 \cdot 1800 + 1,25 \cdot 2700) \cdot 1,4 \cdot 1 = (810 + 3375) \cdot 1,4 \cdot 1 = 5859 \text{ Н.}$$

Тому що $P_{r2} > P_{r1}$, перевіряємо довговічність більш навантаженої другої опори.

$$L = \left(\frac{C}{P_r} \right)^3 = \left(\frac{35500}{5859} \right)^3 \approx 222 \text{ млн. об}$$

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n} = \frac{10^6 \cdot 222}{60 \cdot 1400} = 2643 \text{ год,}$$

що явно недостатньо, тому що мінімальний ресурс роботи підшипників, який рекомендується, значно вище (таблиця 2.16).

Роздивимося варіант із кульковим радіально-упорним підшипником середньої серії № 46310 із збільшеним кутом контакту $\alpha = 26^\circ$, для якого $d = 50$ мм, $D = 80$ мм, $B = 16$ мм, $C = 71800$ Н; $C_0 = 44000$ Н.

$$\text{Відношенню } \frac{i \cdot F_a}{C_0} = \frac{1 \cdot 1400}{44000} = 0,032 \text{ відповідає значення } e = 0,68, \text{ розрахо-}$$

ване по примітці 4 до таблиці 2.4.

$$\text{Так як } \frac{F_a}{F_r} = \frac{1400}{1800} = 0,78 > e, \text{ то } X = 0,41; Y = 0,87 \text{ (таблиця 2.4).}$$

$$\text{Осьова складова } S_1 = e \cdot F_{r1} = 0,68 \cdot 3600 = 2450 \text{ Н.}$$

Осьове розрахункове навантаження на другу опору

$$F_{a2} = S_1 + F_a = 2450 + 1400 = 3850 \text{ Н.}$$

Приведене навантаження другої опори

$$P_r = (X \cdot V \cdot F_{r2} + Y \cdot F_{a2}) = (0,41 \cdot 1 \cdot 1800 + 0,87 \cdot 3850) \cdot 1,4 \cdot 1 = 5700 \text{ Н.}$$

$$L = \left(\frac{C}{P_r} \right)^3 = \left(\frac{71800}{5700} \right)^3 = 1978 \text{ млн. об.}$$

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n} = \frac{10^6 \cdot 1978}{60 \cdot 1400} = 23548 \text{ год.}$$

Така розрахункова довговічність достатня, тому що мінімальний ресурс підшипників для опор зубчастих редукторів повинен бути рівним 10000 часів.

Приклад 2. Підібрати підшипники для вала редуктора, у якого реакції опор $F_{r1} = 3600$ Н, $F_{r2} = 1800$ Н, осьове зусилля $F_a = 3000$ Н, підшипники встановлені за схемою зображеною на рисунку 2.3. Діаметр шийки вала $d = 50$ мм; $n = 400$ об/хв, $k_6 = 1,4$, $k_t = 1$.

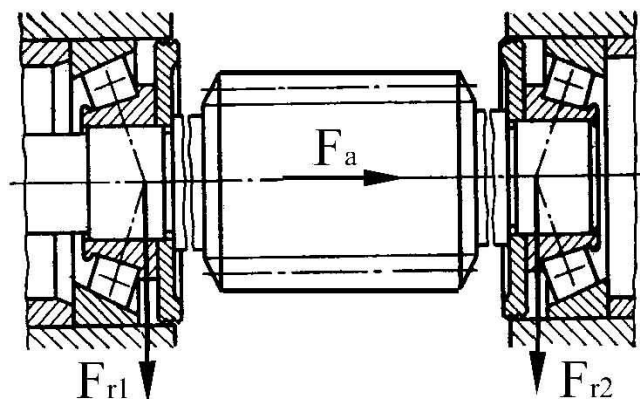


Рисунок 2.3 – Схема встановлення підшипників на валу черв'яка

Розрахунок

Визначаємо відношення $\frac{F_a}{F_{r2}} = \frac{3000}{1800} = 1,67$ і по рекомендаціях таблиці 2.3

приймаємо радіально-упорний роликовий підшипник легкої серії № 7210, у якого кут контакту $\alpha = 14^\circ$; $d = 50$ мм, $D = 90$ мм, $B = 21$ мм, $C = 52900$ Н; $C_0 = 40600$ Н (таблиця Б.3).

Визначаємо $e = 1,5 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 1,5 \cdot 0,2493 = 0,374$ (таблиця 2.5).

$$S_1 = 0,83 \cdot e \cdot F_{r1} = 0,83 \cdot 0,374 \cdot 3600 = 1120 \text{ Н.}$$

$$S_2 = 0,83 \cdot e \cdot F_{r2} = 0,83 \cdot 0,374 \cdot 1800 = 560 \text{ Н.}$$

$$F_{a1} = S_1 = 1120 \text{ Н;}$$

$$F_{a2} = S_1 + F_a = 1120 + 3000 = 4120 \text{ Н.}$$

Визначаємо коефіцієнти X та Y :

— для першої опори

$$\frac{F_{a1}}{V \cdot F_{r1}} = \frac{1120}{1 \cdot 3600} = 0,311 < e$$

У цьому випадку $X = 1$; $Y = 0$ (таблиця 2.5).

$$\text{Приведене навантаження } P_r = X \cdot V \cdot F_{r1} \cdot k_6 \cdot k_t = 1 \cdot 1 \cdot 3600 \cdot 1,4 \cdot 1 = 5050 \text{ Н.}$$

— для другої опори

$$\frac{F_{a2}}{V \cdot F_{r2}} = \frac{4120}{1 \cdot 1800} = 2,24 > e, \text{ по таблиці 2.5 знаходимо } X = 0,4; Y = 0,4 \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 1,6;$$

$$P_r = (X \cdot V \cdot F_{r2} + Y \cdot F_{a2}) \cdot k_6 \cdot k_t = (0,4 \cdot 1800 + 1,6 \cdot 4120) \cdot 1,4 \cdot 1 \approx 10300 \text{ Н.}$$

$$L = \left(\frac{C}{P_r} \right)^{3,33} = \left(\frac{52900}{10300} \right)^{3,33} \approx 230 \text{ млн. об}$$

$$\text{Довговічність } L_h = \frac{10^6 \cdot 230}{60 \cdot 400} \approx 9600 \text{ год. - недостатня.}$$

Прийmemo для розрахунків роликовий конічний підшипник легкої широ-
кої серії № 7510, у якого $\alpha = 16^\circ$ (додаток Б, таблиця Б.3), $d = 50$ мм, $D = 90$ мм,
 $B = 23,5$ мм, $C = 62000$ Н, $C_0 = 54000$ Н, $e = 1,5 \cdot \operatorname{tg} 16^\circ = 1,5 \cdot 0,287 = 0,430$.

$$S_1 = 0,83 \cdot e \cdot F_{r1} = 0,83 \cdot 0,43 \cdot 3600 = 1285 \text{ Н}$$

$$F_{a2} = S_1 + F_a = 1285 + 3000 = 4285 \text{ Н}$$

$$\frac{F_{a2}}{F_{r2}} = \frac{4285}{1800} = 2,3 > e, \quad X = 0,4; \quad Y = 0,4 \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 0,4 \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{0,4}{0,287} \approx 1,39$$

$$P_r = (0,4 \cdot 1800 + 1,39 \cdot 4285) \cdot 1,4 \cdot 1 \approx 9346 \text{ Н}$$

$$L = \left(\frac{62000}{9346} \right)^{3.33} \approx 548 \text{ млн. об}$$

$$L_h = \frac{10^6 \cdot 548}{60 \cdot 400} \approx 22833 \text{ год.}$$

Результат прийнятний.

Приклад 3: Підібрати упорний підшипник для вала гвинтового транспортера при таких даних: $F_a = 6000$ Н, $d = 50$ мм, $n = 360$ об/хв, $k_\sigma = 1,4$. Необхідна довговічність роботи $L_h = 10000$ год.

Розрахунок

Визначимо необхідну динамічну вантажність.

$$\text{З формули } L = \left(\frac{C}{P_r} \right)^3 \text{ маємо } C = P_r \cdot \sqrt[3]{L}.$$

$$\text{З вираження } L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n} \text{ одержимо } L = \frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}.$$

$$\text{Отже, } C = P_r \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}};$$

$$\text{Приведене навантаження } P = F_a \cdot k_\sigma \cdot k_m = 6000 \cdot 1,4 \cdot 1 = 8400 \text{ Н.}$$

Необхідна динамічна вантажність

$$C = 8400 \cdot \sqrt{\frac{60 \cdot 360 \cdot 10^4}{10^6}} = 50400 \text{ Н}$$

Упорний підшипник легкої серії № 8210 має $C = 43000$ Н, меншу за необхідну (див. таблицю А.4).

Слід взяти підшипник середньої серії № 8310, $d = 50$ мм, $D = 95$ мм, $H = 31$ мм, $C = 87100$ Н, $C_0 = 161\,000$ Н (таблиця А.4).

$$\text{Розрахункова довговічність } L = \left(\frac{C}{P_r} \right)^3 = \left(\frac{87100}{8400} \right)^3 = 1115 \text{ млн. об.}$$

$$L_h = \frac{10^6 \cdot 1115}{60 \cdot 360} = 51620 \text{ год.}$$

Отримана довговічність роботи підшипника перевищує необхідну.

Приклад 4. Підшипник коробки передач працює при наступних режимах: $F_{r1} = 2900$ Н; $F_{r2} = 1500$ Н; $F_{r3} = 500$ Н; $L_{h1} = 600$ год.; $L_{h2} = 900$ год.; $L_{h3} = 1500$ год.; $n_1 = 570$ об/хв; $n_2 = 800$ об/хв; $n_3 = 1700$ об/хв. Коефіцієнти $V = 1,2$; $k_6 = 1,4$; $k_t = 1$. Вибрати кульковий підшипник з діаметром отвору $d = 30$ мм.

Розрахунок

Визначаємо довговічність підшипника при роботі на кожному режимі:

$$L = \frac{L_h \cdot n \cdot 60}{10^6} = \frac{600 \cdot 570 \cdot 60}{10^6} = 20,5 \text{ млн. об.}$$

$$L = \frac{900 \cdot 800 \cdot 60}{10^6} = 43,2 \text{ млн. об.}$$

$$L = \frac{1500 \cdot 1700 \cdot 60}{10^6} = 153,0 \text{ млн. об.}$$

Загальна довговічність підшипника

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = 20,5 + 43,2 + 153,0 = 216,7 \text{ млн. об.}$$

Еквівалентне навантаження для кожного режиму:

$$P_{r1} = F_{r1} \cdot V \cdot k_6 \cdot k_t = 2900 \cdot 1,2 \cdot 1,4 = 4870 \text{ Н}$$

$$P_{r2} = 1500 \cdot 1,2 \cdot 1,4 = 2520 \text{ Н}$$

$$P_{r3} = 500 \cdot 1,2 \cdot 1,4 = 840 \text{ Н}$$

Визначаємо еквівалентне навантаження

$$Q_{екв} = \sqrt[3]{\frac{P_1^3 \cdot L_1 + P_2^3 \cdot L_2 + P_3^3 \cdot L_3}{L}} =$$

$$= \sqrt[3]{\frac{4870^3 \cdot 20,5 + 2520^3 \cdot 43,2 + 840^3 \cdot 153,0}{216,7}} = 2450 \text{ Н}$$

Потрібна динамічна вантажність

$$C = L^{1/3} \cdot P_r = 216,7^{1/3} \cdot 2450 = 14700 \text{ Н.}$$

Знайденому значенню і заданого діаметра цапфи вала $d = 30$ відповідає радіальний однорядний кульковий підшипник легкої серії № 206 із динамічною вантажністю $C = 15300$ Н.

Приклад 5. Підібрати підшипники кочення для швидкохідного вала редуктора (рисунок 2.4) і визначити їх довговічність при наступних вихідних даних: діаметр вала під підшипник $d = 30$ мм; $n = 1455$ об/хв.; $F_{r1} = 1891$ Н; $F_{r2} = 1651$ Н; осьова сила $F_a = 557$ Н; короткочасні перевантаження - 140 %; термін служби $t_{рок} = 2$ роки; число робочих днів у року $t_{дн} = 250$; кількість змін роботи $k_{см} = 2$; тривалість зміни $t_{см} = 6$ год; робоча температура підшипників 80 °; графік завантаження зображено на рисунку 2.5.

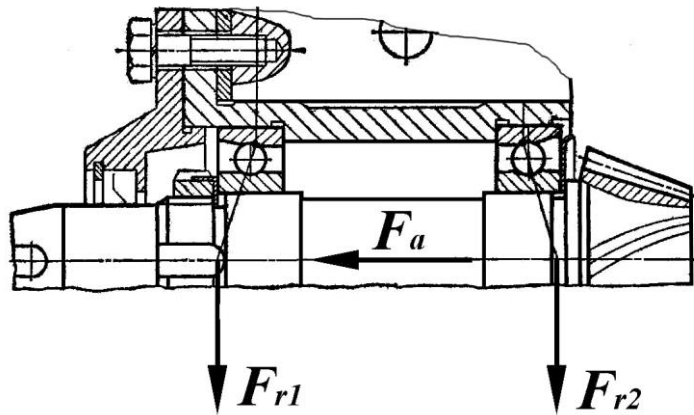


Рисунок 2.4 – Схема встановлення швидкохідного вала редуктора

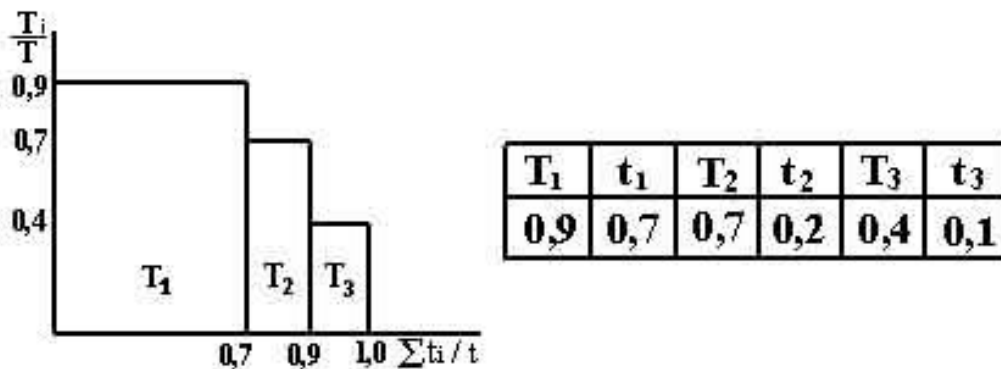


Рисунок 2.5 – Гістограма навантаження приводу

Розрахунок

1 Визначаємо ресурс роботи приводу:

$$L_{пр} = t_{рок} \cdot t_{дн} \cdot k_{см} \cdot t_{см} = 2 \cdot 250 \cdot 2 \cdot 6 = 6000 \text{ год}$$

2 Визначаємо коефіцієнт еквівалентності навантаження

$$k_{НЕ} = \sqrt[3]{\frac{\sum T_i^3 \cdot t_i}{T_{max}^3}} = \sqrt[3]{\frac{0,9 \cdot 0,7 + 0,7^3 \cdot 0,2 + 0,4^3 \cdot 0,1}{0,93}} = 0,93$$

Визначаємо еквівалентні складові від реакцій

$$F_{r1e} = k_{НЕ} \cdot F_{r1} = 0,93 \cdot 1891 = 1758,6 \text{ Н}$$

$$F_{r2e} = k_{НЕ} \cdot F_{r2} = 0,93 \cdot 1651 = 1535,4 \text{ Н}$$

$$F_{ae} = k_{НЕ} \cdot F_a = 0,93 \cdot 557 = 518 \text{ Н}$$

3 Призначаємо тип підшипника

$$\frac{F_{ae}}{F_{r1e}} = \frac{0}{1758,6} = 0$$

$$\frac{F_{ae}}{F_{r2e}} = \frac{518}{1535,4} = 0,34$$

Приймаємо кулькові радіальні однорядні підшипники легкої серії № 206.

Для цих підшипників із таблиці А.1 виписуємо $d = 30 \text{ мм}$; $D = 62 \text{ мм}$; $B = 16 \text{ мм}$; $C = 19500 \text{ Н}$; $C_0 = 10000 \text{ Н}$.

4 Температурний коефіцієнт $k_t = 1$ (таблиця 2.7)

5 Коефіцієнт безпеки $k_\sigma = 1,4$ (таблиця 2.6)

6 Визначаємо коефіцієнти e ; X ; Y .

— для першої опори, так як $F_a = 0$, то: $X = 1$; $Y = 0$.

— для другої опори

$$\frac{F_{ae}}{C_o} = \frac{518}{10000} = 0,0518$$

З таблиці 2.4 виписуємо $X = 0,56$; $Y = 1,75$; $e = 0,25$ (методом інтерполяції)

$$\frac{F_{ae}}{V \cdot F_{r2e}} = \frac{518}{1 \cdot 1535,4} = 0,337, \text{ що більше } e.$$

Отже для другої опори $X = 0,56$; $Y = 1,75$.

7 Еквівалентне динамічне навантаження:

$$P_{r1} = V \cdot X \cdot F_{r1e} \cdot k_\sigma \cdot k_t = 1 \cdot 1 \cdot 1758,6 \cdot 1,4 \cdot 1 = 2462 \text{ Н}$$

$$P_{r2} = (V \cdot X \cdot F_{r2e} + Y \cdot F_{ae}) \cdot k_\sigma \cdot k_t = (1 \cdot 0,56 \cdot 1535,4 + 1,75 \cdot 518) \cdot 1,4 \cdot 1 = 2471,7 \text{ Н}$$

8 Для більш навантаженої другої опори розрахункова довговічність

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P_r} \right)^P = \frac{10^6}{60 \cdot 1455} \cdot \left(\frac{19500}{2471,7} \right)^3 = 5632 \text{ год.}$$

9 Порівнюємо довговічність роботи приводу і підшипника

$$L_{пр} = 6000 > L_h = 5632 \text{ год.}$$

Так як $L_h < L_{пр}$, то підшипник не підходить.

10 Приймаємо для встановлення кулькові радіальні підшипники середньої серії № 306 у яких $d = 30$ мм, $D = 72$ мм, $H = 19$ мм, $C = 28100$ Н, $C_o = 14600$ Н.

11 Визначаємо коефіцієнти e ; X ; Y .

— для першої опори, так як $F_a = 0$, то: $X = 1$; $Y = 0$.

— для другої опори

$$\frac{F_{ae}}{C_o} = \frac{518}{14600} = 0,035$$

З таблиці 2.4 виписуємо $X = 0,56$; $Y = 1,92$; $e = 0,23$ (методом інтерполяції)

12 Для другої опори, як більше навантаженої:

$$\frac{F_a}{V \cdot F_{r2}} = \frac{518}{1 \cdot 1535,4} = 0,337, \text{ що більше } e.$$

Отже $X = 0,56$ $Y = 1,92$.

$$13 \quad P_2 = (1 \cdot 0,56 \cdot 1535,4 + 1,92 \cdot 518) \cdot 1,4 \cdot 1 = 2596 \text{ Н}$$

$$14 \quad L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 1455} \cdot \left(\frac{28100}{2596} \right)^3 = 14493 \text{ год.}$$

Отже підшипники підходять, тому що виконується умова: $L_{пр} < L_h$.

ГЛАВА 3 Вибір підшипників по статичній вантажності

Статична вантажність – це таке статичне навантаження (радіальне для радіальних і радіально-упорних підшипників, центральне осьове – для упорних і упорно-радіальних підшипників), у результаті якого виникає загальна залишкова деформація тіл кочення і кілець у найбільше навантаженій точці контакту, рівна 0,0001 діаметра тіла кочення.

Стандарт установлює методи розрахунку статичного еквівалентного навантаження для підшипників кочення в діапазоні розмірів, приведених у стандарті на відповідний тип і розмір підшипника.

При цьому припускається, що підшипники виготовлені з високоякісної загартованої сталі в умовах добре налагодженого виробництва, мають звичайну конструкцію і звичайні форми контактних поверхонь.

Стандарт не поширюється на підшипники з відхиленнями від звичайного розподілу навантаження між тілами кочення, наприклад, при відносному зсуві кілець, при наявності попереднього натягу або надмірного зазору. При наявності перерахованих умов споживач повинен проконсультуватися у виробника підшипників у відношенні рекомендацій по оцінці статичного еквівалентного навантаження.

Стандарт не поширюється також на конструкції підшипників, у яких тіла кочення працюють безпосередньо по поверхні вала або корпусу, якщо ця поверхня не є еквівалентною у усіх відношеннях поверхням підшипника з зовнішнім або внутрішнім кільцями. При розрахунку дворядні підшипники і подвійні упорні підшипники розглядають як симетричні.

Вибір підшипників кочення по статичній вантажності дає 3...5 кратний запас.

При підборі підшипників кочення по статичній вантажності повинна виконуватися умова:

$$P_{or} \leq C_{or}, \quad P_{oa} \leq C_{oa} \quad (3.1)$$

При цьому передбачається, що відомий тип підшипника і діюче на нього зовнішнє навантаження (F_r , F_a).

3.1 Визначення статичного еквівалентного навантаження

Статичне еквівалентне навантаження для кулькових радіальних і радіально-упорних підшипників визначається по формулах:

$$P_{or} = X_o \cdot F_r + Y_o \cdot F_a, \quad (3.2)$$

$$P_{or} = F_r. \quad (3.3)$$

Значення коефіцієнтів X_o і Y_o приведені в таблиці 3.1. З двох отриманих значень P_{or} для подальших розрахунків приймається більше.

Для кулькових упорно-радіальних підшипників еквівалентне навантаження обчислюється:

$$P_{or} = 2,3 \cdot F_r \cdot \operatorname{ctg} \alpha + F_a, \quad (3.4)$$

Для одинарних підшипників кочення, що сприймають навантаження в одному напрямку, формула 3.4 справедлива, якщо відношення $F_r/F_a \leq 0,44 \cdot \operatorname{ctg} \alpha$. Допускається $F_r/F_a < 0,67 \cdot \operatorname{ctg} \alpha$.

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнтів X_0 і Y_0 для радіальних і радіально-упорних кулькових підшипників

Тип підшипника		X_0	Y_0	X_0	Y_0
		Однорядні підшипники		Двохрядні підшипники	
Радіальні		0,6	0,5	0,6	0,5
Радіально-упорні при α	12°	0,5	0,47	1,0	0,94
	15°		0,46		0,92
	18°		0,43		0,86
	19°		0,43		0,86
	20°		0,42		0,84
	25°		0,38		0,76
	26°		0,37		0,74
	30°		0,33		0,66
	35°		0,29		0,58
	36°		0,28		0,56
	40°		0,26		0,52
	45°		0,22		0,44
Шарикові сферичні з кутом контакту $\alpha = 0$		0,5	$0,22 \cdot \text{ctg } \alpha$	1,0	$0,44 \cdot \text{ctg } \alpha$

Примітки: Допустиме максимальне значення F_r / C_{or} , залежить від конструкції підшипника (значення внутрішнього зазору і глибини жолоба).

Для роликів радіальних і радіально-упорних підшипників:

$$P_{or} = X_0 \cdot F_r - Y_0 \cdot F_a, \quad (3.5)$$

$$P_{or} = F_r. \quad (3.6)$$

Для подальших розрахунків приймається більше значення P_{or} . Коефіцієнти X_0 і Y_0 приведені в таблиці 3.2. Якщо $\alpha = 0^\circ$, то:

$$P_{or} = F_r \quad (3.7)$$

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнтів X_0 і Y_0 для радіально-упорних роликів підшипників

Тип підшипника	X_0	Y_0
Однорядні	0,5	$0,22 \cdot \text{ctg } \alpha$
Двохрядні	1,0	$0,44 \cdot \text{ctg } \alpha$

Для роликів упорних і упорно-радіальних підшипників:

$$P_{or} = 2,3 \cdot F_r \cdot \text{tg } \alpha + F_a \quad (3.8)$$

У випадку застосування подвійних підшипників формула 3.8 дійсна при всіх співвідношеннях F_r / F_a .

Для одинарних роликів підшипників формула 3.8 дійсна при співвідношеннях $F_r / F_a \leq 0,44 \cdot \text{ctg } \alpha$. Допускається $F_r / F_a < 0,67 \cdot \text{tg } \alpha$.

Якщо діє тільки осьова сила, то $P_{oa} = F_a$.

ГЛАВА 4 Оцінка граничної швидкохідності підшипників кочення

Гранична частота обертання підшипника – це найбільша допустима частота обертання, при перевищенні якої не забезпечується його розрахункова довговічність. Необхідно розрізняти: $n_{кор}$ - гранична короткочасно досяжна частота обертання в умовах відсутності гарантії ресурсу понад декількох годин і $n_{рес}$ - ресурсна гранична частота обертання, при якій забезпечуються терміни служби в сотні годин і більш.

Для оцінки граничної швидкохідності вживається швидкісний параметр $[d_m \cdot n] = const$, де $d_m = \frac{D+d}{2}$, тому що втрати на тертя й ефекти зносу ростуть приблизно лінійно в залежності від умовної колової швидкості. Орієнтовні значення параметра $[d_m \cdot n] = const$, для основних типів підшипників кочення легких серій нормального класу точності, що випускаються звичайно зі сталевими штампованими сепараторами, приведені в таблиці 4.1 і на рисунку 4.1.

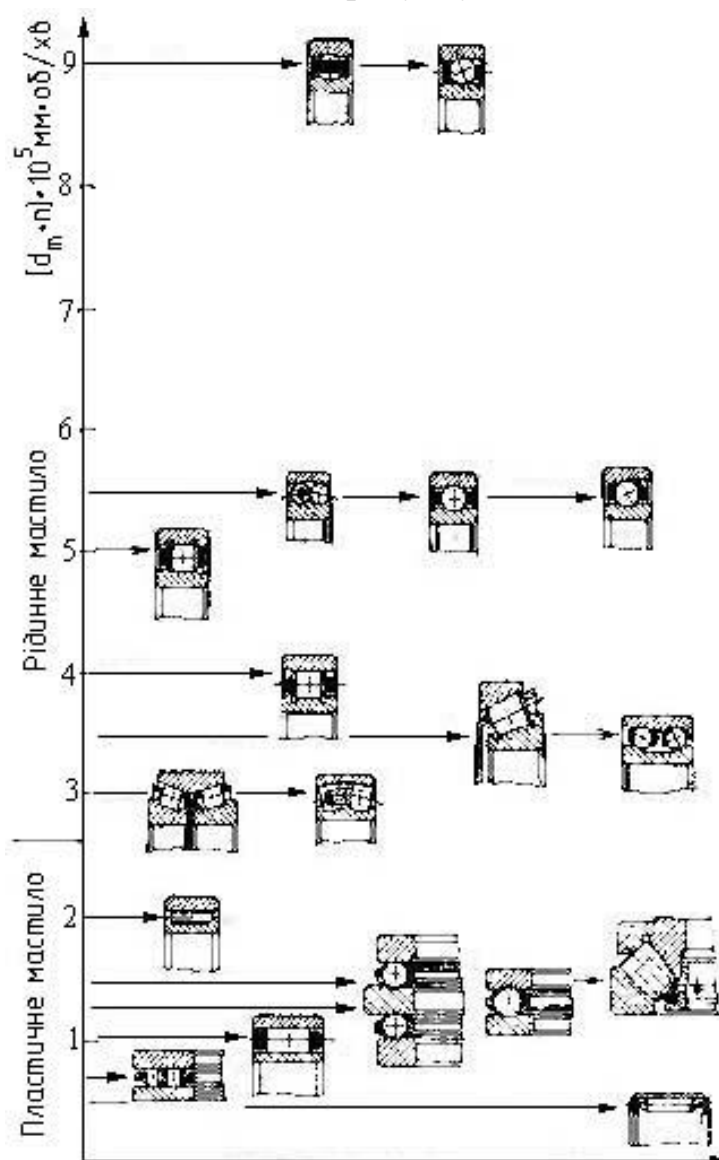


Рисунок 4.1 – Порівняльні значення швидкісного параметра $[d_m \cdot n] \cdot 10^5 \text{ мм} \cdot \text{об} / \text{хв}$ для стандартних кулькових і роликів підшипників

Границя частот обертання, що доіпускається, для підшипників кочення визначається значним числом конструктивно-експлуатаційних параметрів. Основними з них є – тип, габаритні розміри і серія підшипника, матеріал і конструкція сепаратора, точність виготовлення підшипника і сполучених деталей вузла, вплив навколишнього середовища, температура, вібрації, розмір і характер навантаження, мастило й охолодження.

Тип підшипника визначає кінематику і характер витрат на тертя в ньому. Найбільше швидкохідними є прецизійні радіальні і радіально-упорні кулькові підшипники. Діаметр і число тіл обертання підшипника залежать від його габаритних розмірів, тобто розмірів «живого перетину», і серії.

Підшипники важких серій мають меншу швидкохідність. Для нормальних частот обертання, в основному застосовуються підшипники нормального класу точності зі штампованими сталевими сепараторами. При підвищених частотах обертання використовуються підшипники високих класів точності з масивними, в основному латунними, бронзовими і текстолітовими сепараторами.

Для підвищення граничної швидкохідності вирішальне значення мають мастило й охолодження підшипника. Для підвищення межі частоти обертання бажано, щоб підшипник працював в умовах рідинного тертя, а кількість мастила й інтенсивність його прокачування або циркуляції забезпечували відбір і відвід тепла, що виникає в підшипнику в результаті роботи сил тертя.

Якщо використовується консистентне мастило або мінеральне мастило з в'язкістю (при експлуатаційній температурі) не нижче 12 сСт, а параметр частоти обертання $[d_m \cdot n] = 10000 - 30000$ мм·об/хв, то можна користуватися звичайними розрахунковими залежностями без перевірки наявності гідродинамічного ефекту.

Методика розрахунку граничної частоти обертання наведена у ГОСТ 20918-75. Вона поширюється на підшипники кочення кулькові та роликові загального застосування, які виготовлені по ГОСТ 520 – 89, з сталевим сепаратором і які працюють при температурі не вище 100 °С.

Уточнене значення граничної частоти обертання для підшипників різноманітних конструкцій і габаритних розмірів при різних навантаженнях може бути визначене по формулі:

$$n_{\text{pec}} = \frac{[d_m \cdot n] \cdot K}{d_m}, \text{ об/хв} \quad (4.1)$$

де $[d_m \cdot n]$ – швидкісний параметр, найменше значення якого в залежності від типу підшипника і виду змащувального матеріалу приведені в таблиці 4.1;

K – коефіцієнт враховуючий вплив навантаження, що сприймається підшипником по величині довговічності. Визначається по графіку (рисунок 4.2).

d_m – діаметр кола, яке проходить через центри тіл кочення.

Для підшипників понад легкої та особливо легкої серій діаметрів гранична частота обертання збільшується на 10 % в порівнянні з розрахованою по формулі.

При куті контакту 36° для радіально-упорних кулькових підшипників швидкісний параметр знижується на 25 %.

Таблиця 4.1 - Значення параметра частоти обертання $[d_m \cdot n]$, що рекоменду-
ються для підшипників кочення різноманітних типів

Типи підшипників	Матеріали та кон- струкції сепараторів	$[d_m \cdot n]$, мм·об/хв., при змащуванні	
		пластичному	рідинному
Кулькові підшипники			
Радіальний однорядний	Сталевий штампований	$4,5 \cdot 10^5$	$5,5 \cdot 10^5$
Радіальний однорядний	Безсепараторний	—	$3,0 \cdot 10^5$
Радіальний однорядний із захисними шайбами	Сталевий штампований	$4,0 \cdot 10^5$	—
Радіальний однорядний*	Металевий масивний	$7,5 \cdot 10^5$	$9,0 \cdot 10^5$
Радіальний сферичний дво- рядний	Сталевий штампований	$4,0 \cdot 10^5$	$5,5 \cdot 10^5$
Радіально-упорний одно ря- дний з кутом контакту 26°			
Радіально-упорний одноря- дний*	Металевий масивний	$6,5 \cdot 10^5$	$9,0 \cdot 10^5$
Радіально-упорний одноря- дний*	Текстолітовий	$7,5 \cdot 10^5$	$10 \cdot 10^5$
Радіально-упорний одноря- дний	Безсепараторний	—	$2,8 \cdot 10^5$
Радіально-упорний трьох та чотирьох точечний	Металевий масивний	$7,5 \cdot 10^5$	$10 \cdot 10^5$
Радіально-упорний дворяд- ний	Сталевий штампований	$5,5 \cdot 10^5$	$3,5 \cdot 10^5$
Упорний одинарний		$1,3 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^5$
Упорний одинарний	Безсепараторний	$0,7 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^5$

* Підшипники підвищених і високих класів точності.

Продовження таблиці 4.1

Типи підшипників	Матеріали та конструкції сепараторів	[$d_m \cdot n$], мм·об/хв., при змащуванні	
		пластичному	рідинному
Роликові підшипники			
Радіальний із короткими циліндричними роликами	Металевий масивний	$4,0 \cdot 10^5$	$5,0 \cdot 10^5$
Радіальний із короткими циліндричними роликами	Безсепараторний	—	$2,5 \cdot 10^5$
Дворядний із короткими циліндричними роликами	Металевий масивний	$4,0 \cdot 10^5$	$5,0 \cdot 10^5$
Чотирирядний с короткими циліндричними роликами		$2,0 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^5$
Радіальний сферичний дворядний		$2,4 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^5$
Голчастий		$3,0 \cdot 10^5$	$3,5 \cdot 10^5$
Голчастий		Безсепараторний	$2,0 \cdot 10^5$
Конічний однорядний	Сталевий чашковий	$2,5 \cdot 10^5$	$3,5 \cdot 10^5$
Конічний дворядний		$2,0 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^5$
Конічний чотирирядний	Металевий масивний	$1,8 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^5$
Упорний одинарний з циліндричними роликами		$0,7 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^5$
Упорний з конічними роликами		$0,5 \cdot 10^5$	$0,7 \cdot 10^5$
Упорний сферичний з бочкоподібними роликами		—	$1,8 \cdot 10^5$

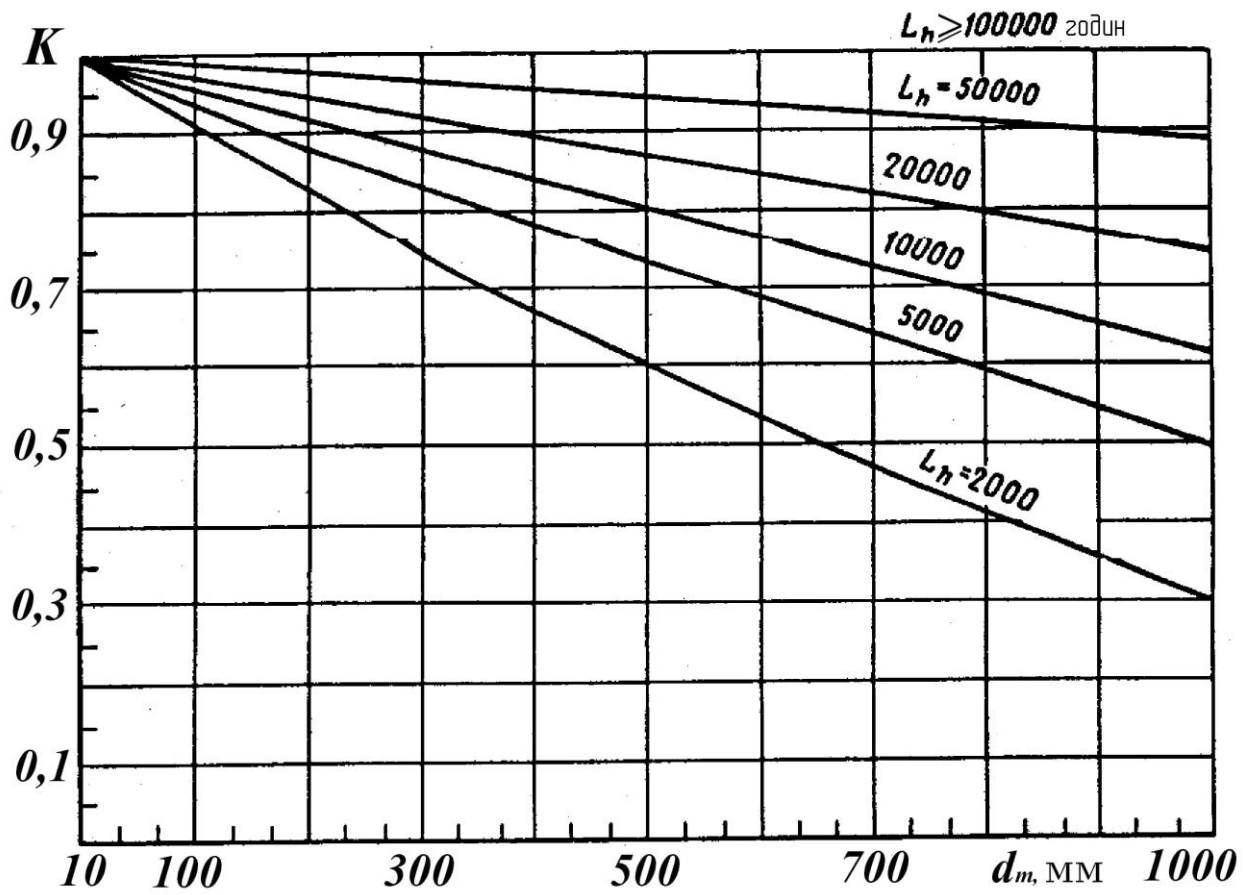


Рисунок 4.2 – Значення коефіцієнта K від діаметра d_m і строку роботи підшипника

ГЛАВА 5 Перевірка наявності гідродинамічного режиму змащування підшипників

Теоретичні й експериментальні дослідження показали залежність працездатності підшипника не тільки від навантаження і швидкості обертання, але і від змащування.

Рекомендується робити перевірку параметра режиму змащування для швидкохідних відповідальних підшипників при $[d_m \cdot n] \geq 100000$ мм·об/хв по формулі

$$\Delta = k_o \frac{0,125}{\sqrt{R_{a1}^2 + R_{a2}^2}} d_m^{0,55} (d_m \cdot n)^{0,75} \cdot \nu \cdot P_o^{-0,15} \quad (5.1)$$

де k_o – конструктивний коефіцієнт, що залежить від типу підшипника (таблиця 5.1);

R_{a1} і R_{a2} – середнє арифметичне відхилення шорсткості поверхонь тертя, обумовлені по класах і розрядах чистоти. У звичайних випадках

$$\sqrt{R_{a1}^2 + R_{a2}^2} = 0,125 \text{ мкм}; \quad (5.2)$$

$d_m^{0,55}$ визначається по рисунку 5.1;

n – частота обертання внутрішнього кільця підшипника, об/хв;

$(d_m \cdot n)^{0,75}$ визначається по рисунку 5.2;

ν – параметр мастила ($\nu = \mu_o^{0,75} \alpha^{0,6}$), визначається по рисунку 5.3 у залежності від температури підшипника;

P_o – еквівалентне статичне навантаження, Н;

$P_o^{-0,15}$ визначається по рисунку 5.4.

Таблиця 5.1 – Значення конструктивного коефіцієнта k_o

Тип підшипників	Коефіцієнт k_o
Кулькові радіальні однорядні підшипники (усіх серій)	70
Кулькові радіально-упорні однорядні підшипники (усіх серій) $\alpha = 12 \dots 36^\circ$	75
Роликові підшипники радіальні з короткими циліндричними роликами (усіх серій)	100

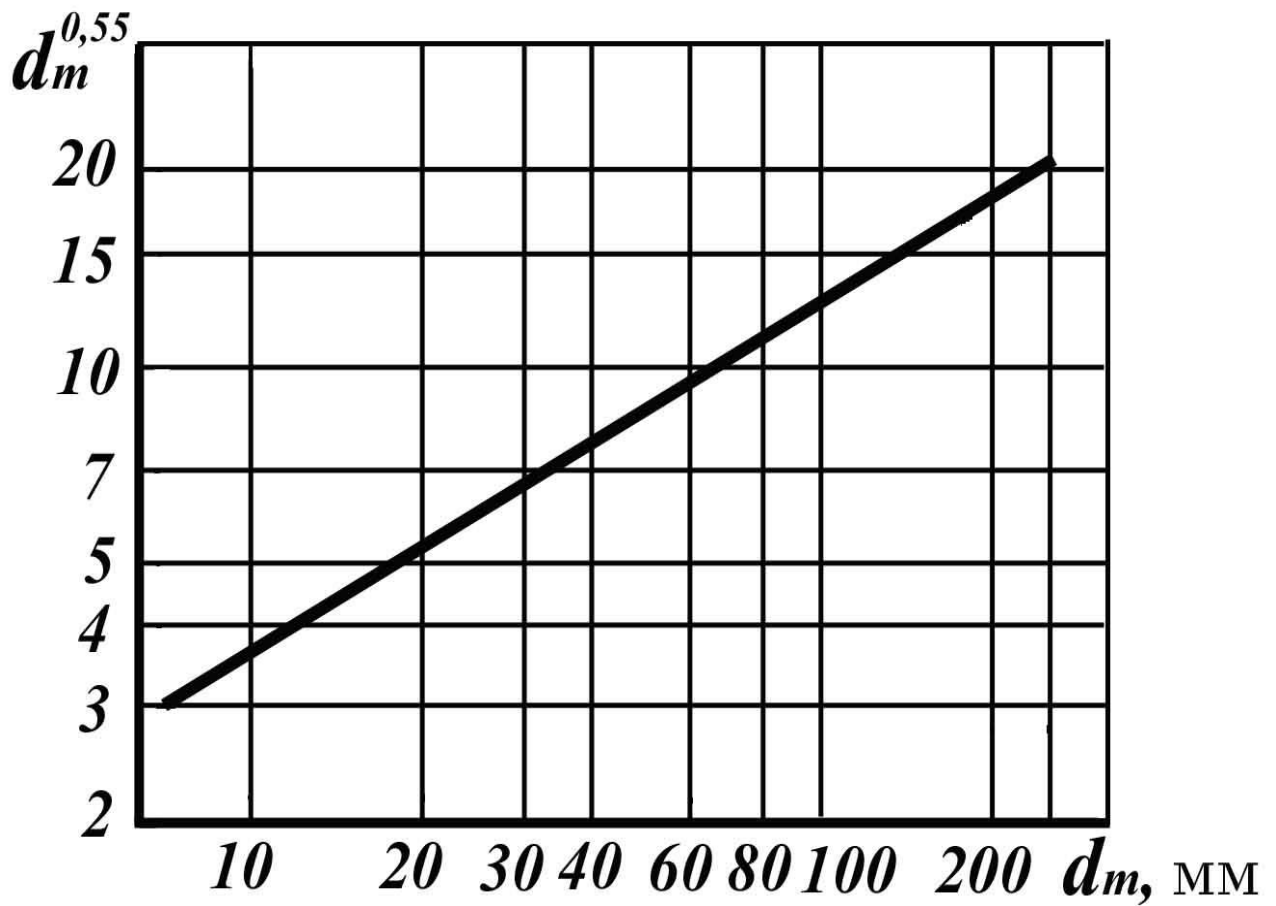


Рисунок 5.1 - Визначення величини $d_m^{0,55}$ по заданому d_m

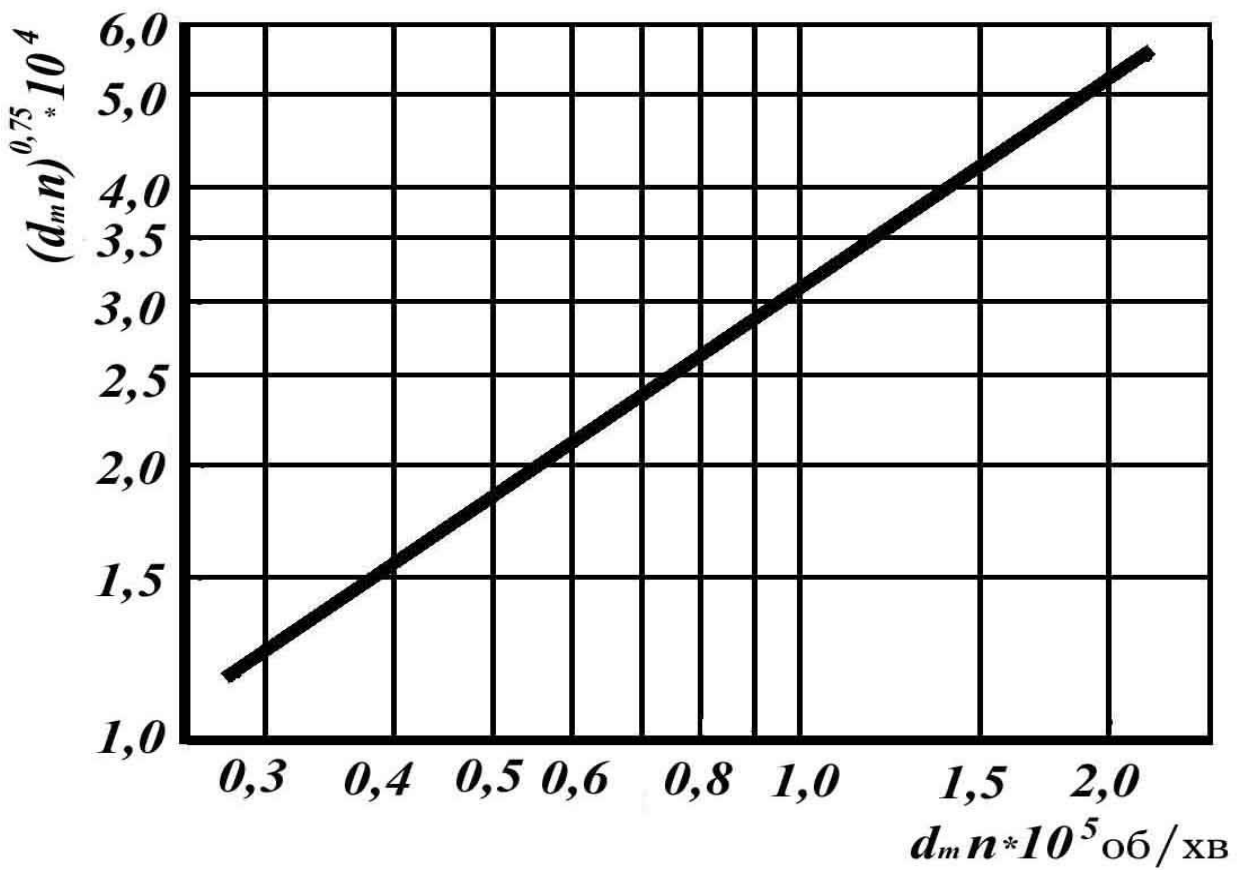


Рисунок 5.2– Визначення величини $(d_m n)^{0,75}$ по заданому $d_m n$

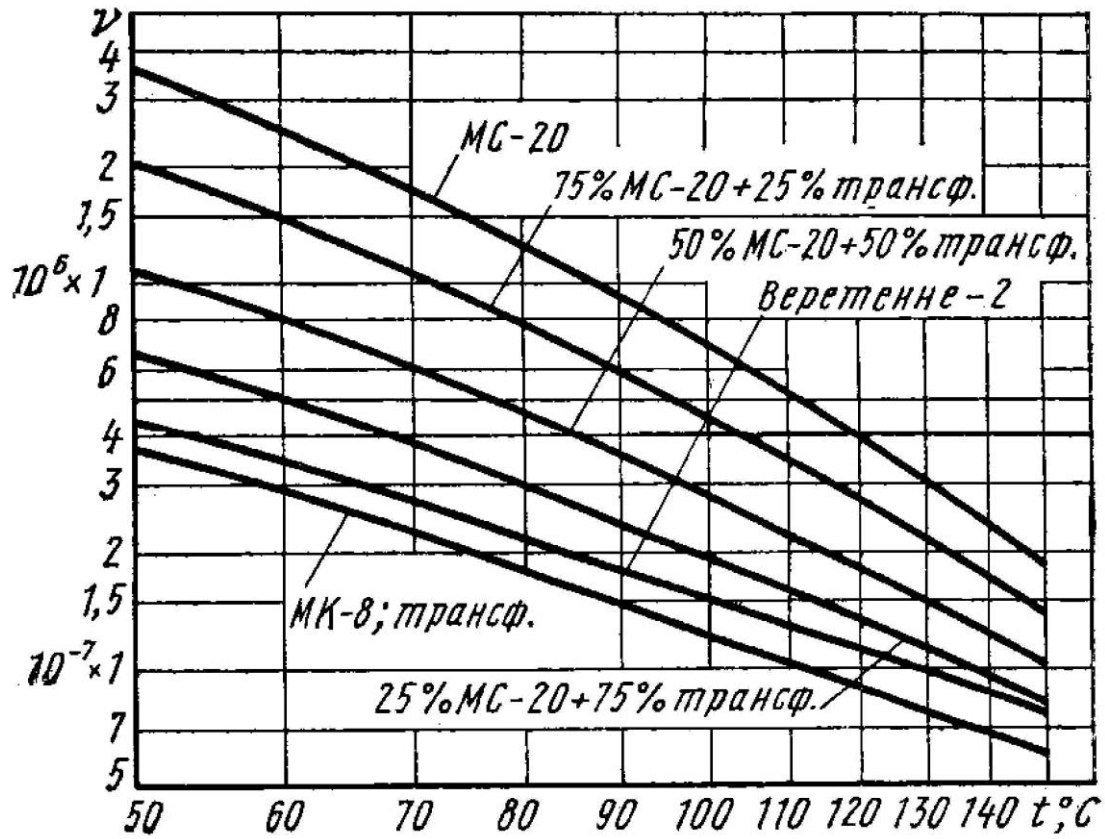


Рисунок 5.3 – Залежність параметра ν від робочої температури t , °C (указані криві для основних мастил)

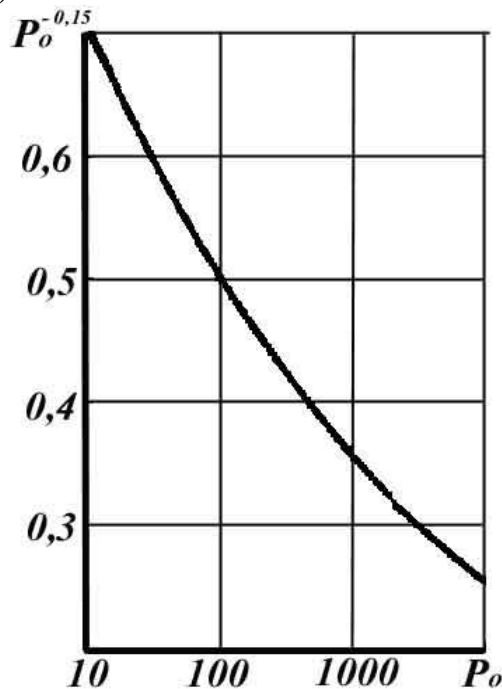


Рисунок 5.4 – Визначення величини $P_o^{-0,15}$ по заданому P_o

Рекомендується вибирати величину $\Delta \geq 3$. Цей параметр застосовується у першу чергу для оцінки впливу мінеральних і синтетичних мастил на працездатність підшипників кочення. При використанні консистентних мастил параметр Δ може частково оцінювати в'язкість того мастила, на базі якого виготовляється відповідне консистентне мастило.

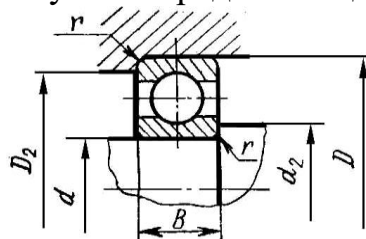
Література

- 1 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т.- М.: Машиностроение, 1980.- Т.1.- 728 с.; Т.2.- 559с.; Т.3.- 557 с.
- 2 Бейзельман Р.Д., Цыпкин Б.В., Перель Л.Я. Подшипники качения. Справочник. Изд. 6-е, перераб. И доп. М.: Машиностроение, 1975.- 572 с.
- 3 Иванов М.Н. Детали машин.- М.: Высш. шк., 1991.- 383 с.
- 4 Моисеев А.А., Гальперин Г.Л. Тракторные подшипники качения.- М.: Колос, 1979.- 112 с., ил.
- 5 Решетов Д.Н. Детали машин.- М.: Машиностроение, 1989.- 496 с.
- 6 ГОСТ 3189 – 89. Подшипники шариковые и роликовые. Система условных обозначений. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 13 с.
- 7 ГОСТ 18854 – 94. Подшипники качения. Статическая грузоподъемность. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 6 с.
- 8 ГОСТ 18855 – 94. Подшипники качения. Динамическая расчетная грузоподъемность и расчетный ресурс. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 19 с.
- 9 ГОСТ 20226 – 82. Подшипники качения. Запечки для установки подшипников качения. Размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 43 с.
- 10 ГОСТ 20918 – 75. Подшипники качения. Метод расчета предельной частоты вращения. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 19 с.

Додаток А
(довідковий)

Характеристики підшипників кочення

Таблиця А.1 – Підшипники кулькові радіальні однорядні (по ГОСТ 8338 – 75)



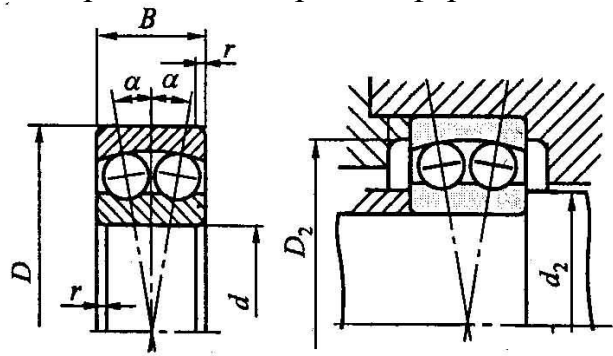
Підшипник		Розміри, мм							Вантажність, Н		P _{найб.} об/хв.
серія	номер	d	D	B	r	d ₂ , min	D ₂ , max	Діаметр кульбок D _к	C	C ₀	
Особливо легка	104	20	42	12	1,0	24	38	6,35	9 360	4 540	12 500
	105	25	47	12		28	43		11 200	5 600	
	106	30	55	13	1,5	34	50	7,14	13 300	6 800	10 000
	107	35	62	14		40	57	7,94	15 900	8 500	
	108	40	68	15		44	63		16 800	9 300	8 000
	109	45	75	16		49	70	8,73	21 200	12 200	
	110	50	80		54	75	21 600		13 200	6 300	
	111	55	90	18	60	84	10,32	28 100	17 000		5 000
	112	60	95		65	88	11,11	29 600	18 300		
	113	65	100		70	93	10,32	30 700	19 600		
	114	70	110	20	2,0	75	103	12,30	37 700	24 500	4 000
	115	75	115			80	108		39 700	26 000	
	116	80	125	22	2,0	85	118	13,50	47 700	31 500	4 000
	117	85	130			90	123		49 400	33 500	
118	90	140	24	2,5	96	132	14,30	57 200	39 000	3 150	
Легка	204	20	47	14	1,5	25	42	7,94	12 700	6 200	12 500
	205	25	52	15		30	47		14 000	6 950	
	206	30	62	16		35	57		9,53	19 500	
	207	35	72	17	2,0	42	65	11,11	25 500	13 700	8 000
	208	40	80	18		47	73	12,70	32 000	17 800	
	209	45	85	19		52	78		33 200	18 600	6 300
	210	50	90	20		57	83	35 100	19 800		
	211	55	100	21	2,5	62	91	14,29	43 600	25 000	5 000
	212	60	110	22		67	101	15,88	52 000	31 000	
	213	65	120	23		72	111	16,67	56 000	34 000	
	214	70	125	24	2,5	77	116	17,46	61 800	37 500	4 000
	215	75	130	25		82	121		66 300	41 000	
	216	80	140	26	3,0	90	130	19,05	70 200	45 000	4 000
	217	85	150	28		95	140	19,84	83 200	53 000	
218	90	160	30	100		150	22,23	95 600	62 000	3 150	

Продовження таблиці А.1

Підшипник		Розміри, мм							Вантажність, Н		n _{найб} , об/хв
		d	D	B	r	d ₂ , min	D ₂ , max	Діаметр кульок D _к			
Серія	номер								C	C ₀	
Середня	304	20	52	15	2,0	26	45	9,53	15 900	7 800	12 500
	305	25	62	17		31	55	11,51	22 500	11 400	10 000
	306	30	72	19		36	65	12,30	28 100	14 600	8 000
	307	35	80	21	2,5	42	71	14,29	33 200	18 000	
	308	40	90	23		47	81	15,08	41 000	22 400	6 300
	309	45	100	25	52	91	17,46	52 700	30 000		
	310	50	110	27	3,0	60	100	19,05	61 800	36 000	5 000
	311	55	120	29		65	110	20,64	71 500	41 500	
	312	60	130	31	3,5	72	118	22,23	81 900	48 000	4 000
	313	65	140	33		76	128	23,81	92 300	56 000	
	314	70	150	35		81	138	25,40	104 000	63 000	
	315	75	160	37		86	148	26,99	112 000	72 500	3 150
	316	80	170	39	4,0	91	158	28,58	124 000	80 000	
	317	85	180	41		98	166	30,16	133 000	90 000	
	318	90	190	43		103	176	31,75	143 000	99 000	
Важка	404	20	72	19	2,0	27	63	12,70	30 700	16 600	8 000
	405	25	80	21	2,5	34	70	16,67	36 400	20 400	
	406	30	90	23		39	80	19,05	47 000	26 700	6 300
	407	35	100	25	44	90	20,64	55 300	31 000		
	408	40	110	27	3,0	50	97	22,23	63 700	36 500	5 000
	409	45	120	29		55	107	23,02	76 100	45 500	
	410	50	130	31	3,5	63	116	25,40	87 100	52 000	4 000
	411	55	140	33		68	126	26,99	100 000	63 000	
	412	60	150	35		73	136	28,58	108 000	70 000	3 150
	413	65	160	37	4,0	78	146	30,16	119 000	78 000	
	414	70	180	42		85	164	34,93	143 000	105 000	
	415	75	190	45		90	174		153 000	114 000	
	416	80	200	48	5,0	95	184	38,10	163 000	125 000	2 500
	417	85	210	52		105	190	39,69	174 000	135 000	
	418	90	220	54		110	205		186 000	146 000	2 000

Примітка: 1 Найбільше допустиме число обертів підшипника приведене при змащуванні його консистентним мастилом.

Таблиця А.2 – Кулькові радіальні дворядні сферичні підшипники (ГОСТ 5720-75)

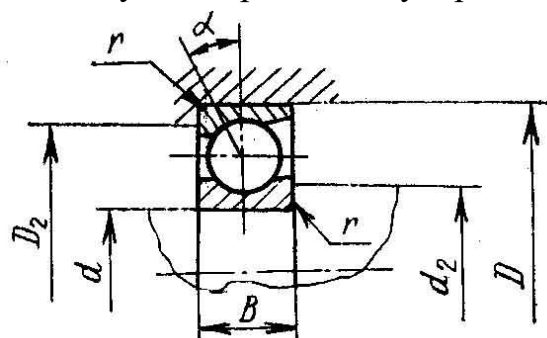


Підшипник		Розміри, мм								Вантажність, Н		П _{Найб} , об/хв
		d	D	B	r	α°	d ₂ , min	D ₂ , max	Діаметр кульок D _к	C	C ₀	
серія	номер											
Легка	1204	20	47	14	1,5	10	25	42	6,35	9 950	3 180	12500
	1205	25	52	15			30	47	7,14	12 100	4 000	
	1206	30	62	16		9	7,94	35	57	15 600	5 800	10000
	1207	35	72	17	42			65	15 900	6 600		
	1208	40	80	18	2,0	8	47	73	8,73	19 000	8 550	8000
	1209	45	85	19			52	78	9,53	21 600	9 600	
	1210	50	90	20			57	83		22 900	10 800	
	1211	55	100	21	2,5	7	62	91	10,32	26 500	13 300	5000
	1212	60	110	22			67	101	11,11	30 200	15 500	
	1213	65	120	23		72	111	31 200		17 200		
	1214	70	125	24	7	11,90	77	116	12,70	34 500	18 700	4000
	1215	75	130	25			82	121		39 000	21 500	
	1216	80	140	26	3,0	6	90	130	39 700	23 500	3150	
	1217	85	150	28			95	140	48 800	28 500		
	1218	90	160	30			100	150	57 200	32 000		
Середня	1304	20	52	15	2,0	11	26	45	7,14	12 500	3 660	10 000
	1305	25	62	17			31	55	8,73	17 800	6 000	8 000
	1306	30	72	19			10	36	65	9,53	21 200	
	1307	35	80	21	2,5	10	42	71	10,32	25 100	9 800	6 300
	1308	40	90	23			47	81	11,11	29 600	12 200	
	1309	45	100	25	3,0	9	52	91	12,70	37 700	15 900	5 000
	1310	50	110	27			60	100	14,29	43 600	17 500	
	1311	55	120	29			65	110	15,08	50 700	22 500	
	1312	60	130	31	3,5	8	72	118	15,88	57 200	26 500	4 000
	1313	65	140	33			76	128	16,67	61 800	29 500	
	1314	70	150	35	4,0	8	81	138	18,26	74 100	35 500	3 150
	1315	75	160	37			86	148	19,05	79 300	38 500	
	1316	80	170	39			91	158	20,64	88 400	42 000	
	1317	85	180	41	4,0	8	98	166	21,43	97 500	48 500	2 500
	1318	90	190	43			103	176	23,81	117 000	56 000	

Продовження таблиці А.2

Підшипник		Розміри, мм								Вантажність, Н		n _{найб} , об/хв
серія	номер	d	D	B	r	α^0	d ₂ , min	D ₂ , max	Діаметр кульок D _к	C	C ₀	
Легка широка	1504	20	47	18	1,5	15	25	42	6,35	12 500	3 900	10 000
	1505	25	52			14	30	47	7,14	12 400	4 250	
	1506	30	62	20		15	35	57	7,94	15 300	5 700	8 000
	1507	35	72	23	2,0	14	42	65	9,35	21 600	8 200	
	1508	40	80			13	47	73		22 500	9 450	
	1509	45	85			12	52	78		23 400	10 700	
	1510	50	90			57	83	23 400		11 500		
	1511	55	100	25	2,5	11	62	91	9,53	26 500	13 400	5 000
	1512	60	110	28			67	101	10,32	33 800	16 600	
	1513	65	120				72	111	11,11	43 600	21 600	4 000
	1514	70	125	77			116	44 200		22 800		
	1515	75	130	31	3,0	10	82	121	13,49	44 200	24 000	3 150
	1516	80	140	33			90	130	14,29	48 800	27 000	
	1517	85	150	36			95	140	15,88	58 500	31 500	2 500
	1518	90	160	40			100	150	16,67	70 200	38 000	
Середня широка	1604	20	52	21	2,0	17	26,5	45	9,53	18 200	5 300	10 000
	1605	25	62	24			31,5	55	10,32	24 200	7 500	8 000
	1606	30	72	27			36,5	65	11,91	31 200	10 000	
	1607	35	80	31	2,5	17	43,0	71	13,49	39 700	12 900	6 300
	1608	40	90	33			48,0	81	14,29	44 900	15 700	5 000
	1609	45	100	36	3,0	16	53,0	91	15,81	54 000	19 400	
	1610	50	110	40			60,0	100	17,46	63 700	23 600	
	1611	55	120	43	3,5	15	64,4	111	19,05	76 100	28 000	4 000
	1612	60	130	46			71,0	118	20,64	87 100	33 000	
	1613	65	140	48	4,0	14	76,0	128	21,43	95 600	38 500	3 150
	1614	70	150	51			81,0	138	23,02	111 000	44 500	
	1615	75	160	55			86,0	148	23,81	135 000	57 700	
	1616	80	170	58			91,0	158	26,99	135 000	58 000	
	1617	85	180	60	4,0	13	98,0	166	28,58	140 000	61 000	
	1618	90	190	64			103,0	176	30,16	153 000	69 500	2 000

Таблиця А.3 – Підшипники кулькові радіально-упорні однорядні (по ГОСТ 831– 75)



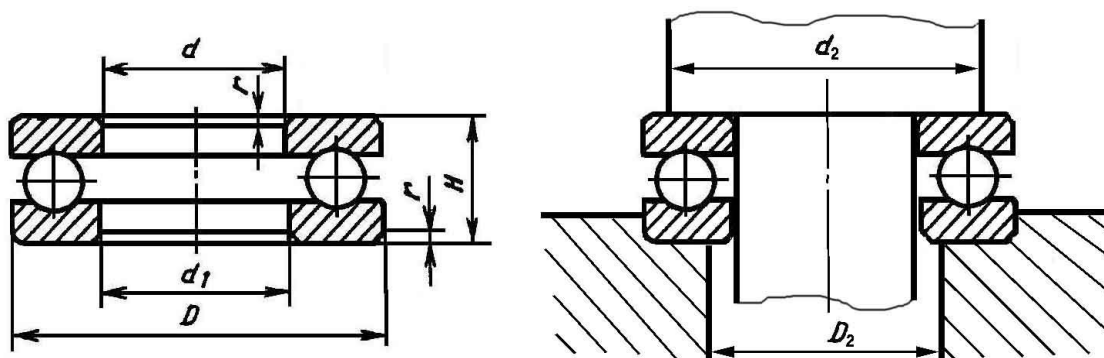
Підшипник		Розміри, мм							Вантажність, Н		n _{найб} , об/хв	
		d	D	B	r	d ₂ , min	D ₂ , max	Діаметр кульок D _к	C	C ₀		
серія	номер											
Особливо легка, α = 15°	36104К	20	42	12	1,5	25	42	6,35	7800	5200	20 000	
	36105К	25	47			30	47		8650	6100	16 000	
	36106К	30	55			13	35		57	11200	8300	12 500
	36107К	35	62	14	2,0	42	65	7,14	12900	9800		
	36108К	40	68	15		47	73	7,94	13700	11000	10 000	
	36109К	45	75	16		52	78	8,31	18300	15000		
	36110К	50	80		57	83	19300		16600	8 000		
	36111К	55	90	18	2,5	62	91	10,3	27000		23200	6 300
	36112К	60	95			67	101		11,11	–	–	
	36113К	65	100			72	111		28000	25500		
	36114К	70	110	20	3,0	77	116	12,3	36000	33500	5 000	
	36115К	75	115			82	121		37500	34500		
	36116К	80	125	22	3,0	90	130	13,49	–	–	4 000	
	36117К	85	130			95	140		47500	46500		
36118К	90	140	24	3,5	100	150	14,29	56000	55000			
Легка, α = 15°	36204К	20	47	14	1,5	25	42	7,94	11900	7450	16 000	
	36205К	25	52	15		30	47		14100	8000	12 500	
	36206К	30	62	16		35	57		9,53	16300	12000	10 000
	36207К	35	72	17	2,0	42	65	11,11	20000	15300		
	36208К	40	80	18		47	73	12,7	27000	20400	8 000	
	36209К	45	85	19		52	78		32000	25500		
	36210К	50	90	20	57	83	35500		28500			
	36211К	55	100	21	2,5	62	91	14,29	41500	34500	6 300	
	36212К	60	110	22		67	101	15,88	50000	42500		
	36213К	65	120	23		72	111	16,67	–	–		
	36214К	70	125	24	2,5	77	116	17,46	60000	52000	5 000	
	36215К	75	130	25		82	121		–	–		
	36216К	80	140	26		3,0	90		130	19,05		73500
	36217К	85	150	28	95		140	19,84	82500	76500	4 000	
36218К	90	160	30	100	150		22,23	90000	85000			

Продовження таблиці А.3

Підшипник		Розміри, мм							Вантажність, Н		n _{найб} , об/хв
серія	номер	d	D	B	r	d ₂ , min	D ₂ , max	Діаметр кульок D _к	C	C ₀	
Легка, α = 15°	36204	20	47	14	1,5	25	42	7,94	15 700	8 310	12 500
	36205	25	52	15		30	47		16 700	9 100	10 000
	36206	30	62	16		35	57	9,53	22 000	12 000	8 000
	36207	35	72	17	2,0	42	65	11,11	30 800	17 800	
	36208	40	80	18		47	73		38 900	23 200	
	36209	45	85	19		52	78	12,7	41 200	25 100	6 300
	36210	50	90	20		57	83		43 200	27 000	
	36211	55	100	21	2,5	62	91	14,29	58 400	34 200	5 000
	36212	60	110	22		67	101	15,88	61 500	39 300	
	36213	65	120	23		72	111	16,67	–	–	
	36214	70	125	24		77	116	17,46	80 200	54 800	4 000
	36215	75	130	25		82	121		–	–	
	36216	80	140	26	3,0	90	130	19,05	93 600	65 000	
	36217	85	150	28		95	140	19,84	101 000	70 800	3 150
36218	90	160	30	100		150	22,23	118 000	83 000		
Середня, α = 26°	46304	20	42	12	1,5	25	42	9,53	17 800	9 000	12 500
	46305	25	47			30	47	11,51	26 900	14 600	8 000
	46306	30	55			13	35	57	12,3	32 600	
	46307	35	62	14	2,0	42	65	14,29	42 600	24 700	6 300
	46308	40	68	15		47	73	15,08	50 800	30 100	
	46309	45	75	16		52	78	17,46	61 400	37 000	5 000
	46310	50	80			57	83	19,09	71 800	44 000	
	46311	55	90	18	2,5	62	91	20,64	82 800	51 600	
	46312	60	95			67	101	22,23	100 000	65 300	
	46313	65	100			72	111	23,81	113 000	75 000	4 000
	46314	70	110	20	3,0	77	116	25,4	127 000	85 300	3 150
	46315	75	115			82	121	–	–	–	
	46316	80	125	22		3,5	90	130	28,57	136 000	99 000
	46317	85	130		95		140	30,16	163 000	120 000	2 500
46318	90	140	24		100		150	31,75	165 000	122 000	

Примітка: Літера “К” в позначенні підшипника означає, що підшипники швидкохідні.

Таблиця А.4 – Підшипники кулькові упорні одинарні по ГОСТ 6874-75



Підшипник		Розміри, мм								Вантажність, Н		n _{наиб} , об/хв	
		серія	номер	d	D	H	r	d ₁	d ₂ , min	D ₂ , max	Діаметр кульок D _к		C
Особливо легка	8104	20	35	10	1,0	20,2	29	26	5,56	6,25	12 700	21 200	6 300
	8105	25	42	11		25,2	35	32			15 900	25 700	
	8106	30	47	11		30,2	40	37			16 800	29 000	
	8107	35	52	12		35,2	45	43	7,14	24 200	55 000	4 000	
	8108	40	60	13		40,2	52	48					
	8109	45	65	14		45,2	57	53	8,50	30 700	81 500	3 150	
	8110	50	70	14		50,2	62	58					
	8111	55	78	16		55,2	69	64	9,53	38 000	116 000	2 500	
	8112	60	85	17		60,2	75	70					
	8113	65	90	18		65,2	80	75					
	8114	70	95	18	70,2	85	80	11,11	50 700	157 000	1 600		
	8115	75	100	19	75,2	90	85						
	8116	80	105	19	80,2	95	90						
	8117	85	110	22	85,2	100	95	12,70	70 000	158 000	2 000		
8118	90	120	22	90,2	108	102							
Легка	8204	20	40	14	1,0	20,2	32	28	7,14	19 900	30 000	5 000	
	8205	25	47	15		25,2	38	34	7,94	25 500	46 000		
	8206	30	52	16		30,2	43	39					
	8207	35	62	18	1,5	35,2	52	45	9,53	35 100	66 500	4 000	
	8208	40	68	19		40,2	57	51	10,32	41 000	89 000		
	8209	45	73	20		45,2	62	56					
	8210	50	78	22		50,2	67	61	11,11	43 000	103 000	3 150	
	8211	55	90	25		55,2	76	69	12,70	63 700	127 000		
	8212	60	95	26		60,2	81	74	13,49	65 000	150 000	2 500	
	8213	65	100	27		65,2	86	79	12,70	70 000	158 000		
	8214	70	105	27		70,2	91	82					
	8215	75	110	27		75,2	96	89	13,49	80 000	188 000	2 000	
	8216	80	115	28		80,2	101	94					
	8217	85	125	31	85,2	109	101	15,88	85 000	235 000	1 600		
8218	90	135	35	2,0	90,2	117	108	17,46	108 000	285 000			

Продовження таблиці А.4

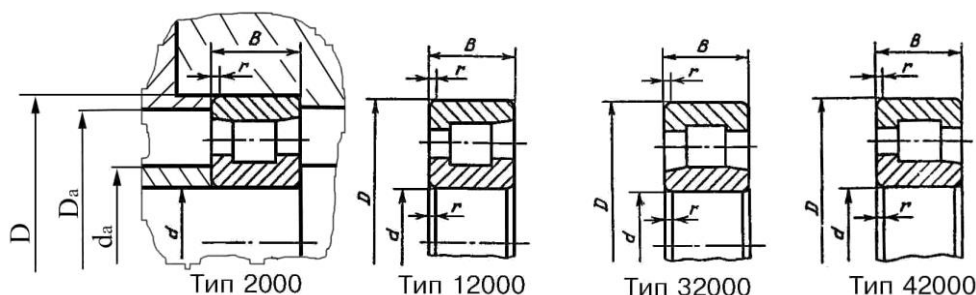
Підшипник		Розміри, мм								Вантажність, Н		n _{найб} , об/хв
серія	номер	d	D	H	r	d ₁	d ₂ , min	D ₂ , max	Діа- метр кульок D _к	C	C ₀	
Середня	8305	25	52	18	1,5	25,2	41	35	9,53	33 800	50 000	4 000
	8306	30	60	21		30,2	48	42	11,11	40 300	66 500	3 150
	8307	35	68	24		35,2	55	48	11,91	49 400	83 500	
	8308	40	78	26		40,2	63	55	13,49	65 000	107 000	
	8309	45	85	28		45,2	69	61	14,29	71 500	130 000	2 500
	8310	50	95	31	2,0	50,2	77	68	15,88	87 100	161 000	2 000
	8311	55	105	35		55,2	85	75	18,26	112 000	213 000	
	8312	60	110			60,2	90	80		112 000	213 000	
	8313	65	115	36		65,2	95	85	19,05	114 000	249 000	
	8314	70	125	40	2,5	70,2	103	92	20,64	133 000	290 000	1 600
	8315	75	135	44		75,2	111	99	22,23	153 000	340 000	
	8316	80	140			80,2	116	104		159 000	340 000	
	8317	85	150	49		85,2	121	110	23,81	182 000	340 000	1 250
8318	90	155	50	90,2	129	116	25,4	199 000	445 000			
Важка	8405Н	25	60	24	1,5	27	46	39	11,11	55 300	71000	2 500
	8406Н	30	70	28		32	54	46	12,70	67 600	90000	
	8407Н	35	80	32	2,0	37	62	53	13,49	80 600	112000	2 000
	8408Н	40	90	36		42	70	60	14,29	104 000	146000	
	8409Н	45	100	39		47	78	67	15,08	121 000	173000	
	8410Н	50	110	43	2,5	52	86	74	17,46	138 000	204000	1 600
	8411Н	55	120	48		57	94	81	19,05	156 000	232000	
	8412Н	60	130	51	3,0	62	102	88	20,64	186 000	285000	1 250
	8413Н	65	140	56		68	110	95	22,23	216 000	400000	
	8414Н	70	150	60		73	118	102	23,81	234 000	400000	
	8415Н	75	160	65	3,5	78	125	110	25,4	270 000	490000	1000
	8416Н	80	170	68		83	133	117	26,99	270 000	490000	
	8417Н	85	180	72		88	141	124	28,58	286 000	540000	
8418Н	90	190	77	93		149	131	30,16	307 000	600000	800	

Примітка: Літерою “Н” позначені підшипники, розміри та граничні відхилення яких відповідають рекомендаціям РС 5199-75.

Додаток Б
(довідковий)

Характеристики роликових підшипників

Таблиця Б.1 – Підшипники роликові радіальні з короткими циліндричними роликами по ГОСТ 8328 – 75



Підшипник		Розміри, мм								Вантажність, Н		P _{найб} , об/хв		
серія	номер	d	D	B	r	d _a , min	D _a , max	Ролики		C	C ₀			
								діаметр D _p	довжина l _p					
Особливо легка	2104	20	42	12	1,0	24,0	38	5,5	5,5	8 800	4 700	16000		
	2106	30	55	13	1,5	34,0	50	6,0	6,0	17 900	7 850			
	2107	35	62	14		39,5	57			21 600	12 200			
	2108	40	68	15		44,0	63			25 100	14 600			
	2109	45	75	16	1,5	49,0	70	8,0	8,0	31 400	17 600	10000		
	2110	50	80			54,0	75	7,5	7,5	30 800				
	2111	55	90	18	2,0	60,0	84	9,0	9,0	34 700	23 600	8000		
	2112	60	95			65,0	88			35 800	22 800			
	2113	65	100			70,0	93			38 000	26 500			
	2114	70	110	20	2,0	75,0	103	10,0	10,0	56 100	36 000	6300		
	2115	75	115			80,0	108			58 300	39 000			
	2116	80	125	22	2,0	85,0	118	11,0	11,0	66 000	44 000	5000		
	2117	85	130			90,0	123			68 200	46 500			
	2118	90	140			24	2,5			96,0	132		12,0	12,0
Легка	2204	20	47	14	1,5	25,0	42	6,5	6,5	14 700	7 350	16 000		
	2205	25	52	15		30,0	47			16 800	8 800			
	2206	30	62	16		35,0	57			7,5	7,5		22 400	12 000
	2207	35	72	17	2,0	42,0	65	9,0	9,0	31 900	17 600	10 000		
	2208	40	80	18		47,0	73			41 800	24 000			
	2209	45	85	19		52,0	78			10,0	10,0		44 000	25 500
	2210	50	90	20	2,5	57,0	83	11,0	11,0	45 700	27 500	8 000		
	2211	55	100	21		62,0	91			56 100	34 000			
	2212	60	110	22		67,0	101			12,0	12,0		64 400	43 000
	2213	65	120	23	2,5	72,0	111	13,0	13,0	76 500	51 000	6 300		
	2214	70	125	24		77,0	116			79 200				
	2215	75	130	25	3,0	82,0	121	14,0	14,0	91 300	63 000	5 000		
	2216	80	140	26		90,0	130			15,0	15,0		106 000	68 000
	2217	85	150	28		95,0	140			16,0	16,0		119 000	78 000
2218	90	160	30	3,0	100,0	150	18,0	18,0	142 000	105 000	4 000			

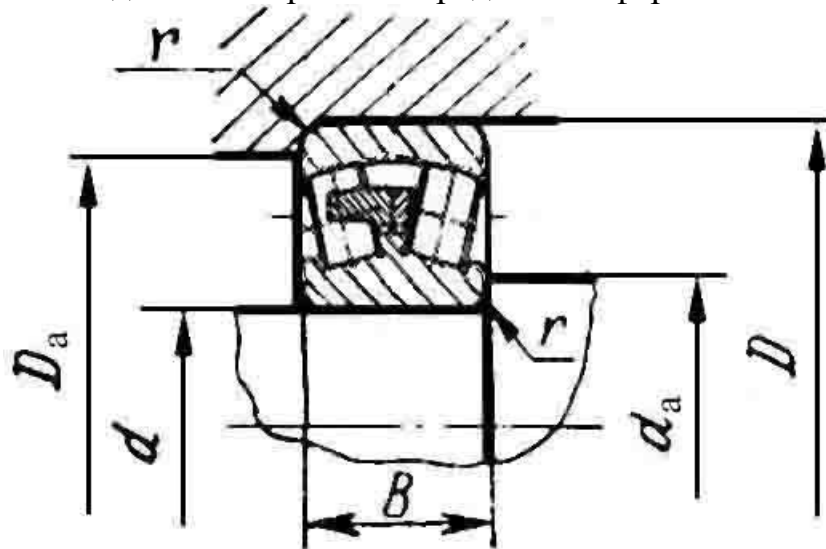
Продовження таблиці Б.1

Підшипник		Розміри, мм								Вантажність, Н		n _{найб} , об/хв
		d	D	B	r	d _a , min	D _a , max	Ролики				
серія	номер							діаметр D _p	довжина l _p	C	C ₀	
Середня	2304	20	52	15	2,0	26	45	9	9	20 500	10 400	12500
	2305	25	62	17		31	55			15 000	9 500	10000
	2306	30	72	19		36	65	10	10	36 900	20 000	
	2307	35	80	21	2,5	42	71	11	11	44 600	27 000	8000
	2308	40	90	23		47	81	12	12	56 100	32 500	
	2309	45	100	25		52	91	14	14	72 100	42 500	
	2310	50	110	27	3,0	60	100	15	15	88 000	52 000	6300
	2311	55	120	29		65	110	17	17	102 000	67 000	
	2312	60	130	31	3,5	72	118	18	18	123 000	76 500	5000
	2313	65	140	33		76	128	19	19	138 000	85 000	
	2314	70	150	35		81	138	20	20	151 000	102 000	
	2315	75	160	37		86	148	22	22	183 000	125 000	
	2316	80	170	39	91	158	190 000			125 000	4000	
	2317	85	180	41	4,0	98	166	24	24	212 000	146 000	3150
2318	90	190	43	103		176	25	25	242 000	160 000		
Важка	2406	30	90	23	2,5	39	80	15	15	60 500	34 000	8000
	2407	35	100	25		44	90	16	16	76 500	44 000	
	2408	40	110	27	3,0	50	97	17	17	96 800	57 000	6300
	2409	45	120	29		55	107	18	18	106 000	69 500	
	2410	50	130	31	3,5	63	116	20	20	130 000	86 500	5000
	2411	55	140	33		68	126			142 000	86 500	
	2412	60	150	35		73	136	22	22	168 000	106 000	
	2413	65	160	37		78	146	23	23	183 000	127 000	
	2414	70	170	42	4,0	85	164	26	26	229 000	163 000	4000
	2415	75	180	45		90	174	28	28	264 000	173 000	
	2416	80	190	48		95	184	30	30	303 000	200 000	
	2417	85	200	52	5,0	105	190	32	32	319 000	228 000	3150
	2418	90	210	54		110	205	34	34	385 000	260 000	

Продовження таблиці Б.1

Підшипник		Розміри, мм								Вантажність, Н		n _{найб} , об/хв
		d	D	B	r	d _a , min	D _a , max	Ролики				
серія	номер							діаметр D _p	довжина l _p	C	C ₀	
Легка широка	2504	20	47	18	1,5	25,0	42	6,5	9	20 100	10 800	16000
	2505	25	52			30,	47			22 900	12 900	12500
	2506	30	62	20		35,0	57	7,0	12	31 900	19 000	
	2507	35	72	23	2,0	42,0	65	9,0	14	47 300	29 000	10000
	2508	40	80			47,0	73	10,0	14	56 100	35 000	8000
	2509	45	85			52,0	78			59 400	38 000	
	2510	50	90			57,0	83	11,0	16	62 700	40 500	
	2511	55	100	25	2,5	62,0	91	12,0	18	73 700	48 000	
	2512	60	110	28		67,0	101			93 500	68 000	
	2513	65	120	31		72,0	111	110 000	76 500			
	2514	70	125			77,0	116	117 000	81 500			
	2515	75	130	3,0	82,0	121	13,0	20	125 000	88 000	6300	
	2516	80	140		33	90,0	130	15,0	24	147 000		115 000
	2517	85	150		36	95,0	140	168 000	122 000			
	2518	90	160	40	100,0	150	18,0	26	194 000	150 000	5000	
Середня широка	2604	20	52	21	2,0	26	45	7	13	29 700	16 600	12500
	2605	25	62	24		31	55	9	14	41 800	24 500	10000
	2606	30	72	27		36	65	10		50 100	29 000	
	2607	35	80	31	2,5	42	71	11	15	58 300	38 000	8000
	2608	40	90	33		47	81	12	18	80 900	51 000	
	2609	45	100	36		52	91	14	20	96 800	67 000	
	2610	50	110	40	3,0	60	100	15	25	121 000	80 000	6300
	2611	55	120	43		65	110	17	24	138 000	98 000	
	2612	60	130	46	3,5	72	118	18	26	168 000	114 000	5000
	2613	65	140	48		76	128	19	28	190 000	129 000	
	2614	70	150	51		81	138	20	30	212 000	160 000	
	2615	75	160	55		86	148	22	34	260 000	200 000	
	2616	80	170	58	91	158	275 000			200 000	4000	
	2617	85	180	60	4,0	98	166	24	36	297 000	230 000	3150
	2618	90	190	64		103	176	25		330 000	240 000	

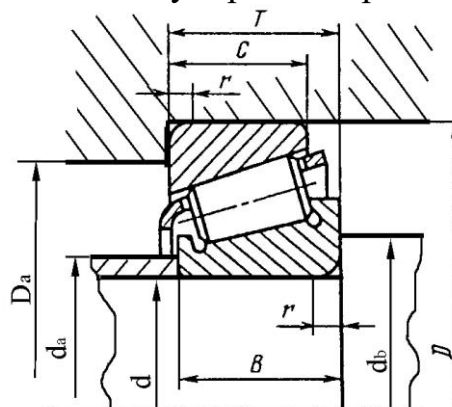
Таблиця Б.2 – Підшипники роликові радіальні сферичні по ГОСТ 5721-75



Підшипник		Розміри, мм							Вантажність, Н		n _{найб} , об/хв	
серія	номер	d	D	B	r	d _a , min	D _a , max	Ролики		C		C ₀
								D _p	L _p			
Легка широка	3508	40	80	23	2,0	47	73	9	8,56	57 000	33 300	4 000
	3509	45	85			52	78		8,05	64 000	35 000	
	3510*	50	90			–	–	–	–	–	–	
	3511*	55	100	25	2,5	–	–	–	–	–	–	–
	3512*	60	110	28		–	–	–	–	–	–	–
	3513*	65	120	31		–	–	–	–	–	–	–
	3514	70	125			79	116	12,5	11,2	132 000	93 800	2 500
	3515*	75	130	–	–	–	–	–	–	–	–	
	3516	80	140	33	3,0	90	130	14	12	160 000	118 000	2 000
	3517	85	150	36		95	140	15,5	13	183 000	130 000	
3518	90	160	40	100		150	17	14,2	216 000	159 000	1 600	
Середня широка	3608	40	90	33	2,5	50	80	13,5	11,5	95 000	64 900	4 000
	3609	45	100	36		55	90	15	12,6	114 000	74 800	
	3610	50	110	40	3,0	60	100	16	13,9	150 000	101 000	3 150
	3611	55	120	43		65	110	18	15	170 000	118 000	
	3612	60	130	46	3,5	72	118	19,5	16	196 000	128 000	2 500
	3613	65	140	48		77	128	21,5	17	220 000	142 000	
	3614	70	150	51		82	138	23	18,4	270 000	181 000	2 000
	3615	75	160	55		87	148	24,5	19,5	300 000	207 000	
	3616	80	170	58	92	158	20,9		20,9	325 000	227 000	
	3617	85	180	60	4,0	99	165	26	21,6	365 000	270 000	1 600
	3618	90	190	64		104	175	27	22,9	400 000	300 000	

Примітка: 1 Підшипники позначені (*) будуть вводитися по мірі розвитку промисловості.

Таблиця Б.3 – Підшипники роликові конічні радіально - упорні однорядні (по ГОСТ 333-79)



Підшипник		Розміри, мм											Вантажність, Н		P _{найб} , об/хв					
		d	D	B	C	T		r	α, град	d _a , max	D _a , max	d _b , min	Ролики			C	C ₀			
max	min					середній діаметр D _T	дов- жина, l													
Легка	7204	20	47	14	12	15,5	15,0	1,5	14	26	45	26	6,7	8,5	19 100	13 300	8 000			
	7205	25	52	15	13	16,5	16,0			31	55	31			23 900	17 900	6 300			
	7206	30	62	16	14	17,5	17,0			37	65	36			8,0	10,2		29 800	22 300	
	7207	35	72	17	15	18,5	18,0	2,0	15	43	71	42	9,9	12,2	35 200	26 300	5 000			
	7208	40	80	19	16	20,0	19,5			48	80	47			42 400	32 700	4 000			
	7209	45	85	20		21,0	20,5			53	90	52			42 700	33 400				
	7210	50	90	21	17	22,0	21,5	14	58	100	57	11,7	14,8	52 900	40 600	3 150				
	7211	55	100	21	18	23,0	22,5	15	63	110	64			57 900	46 100					
	7212	60	110	23	19	24,0	23,5	2,5	14	69	118	69	13,1	14,2	72 200	58 400	2 500			
	7213*	65	120	26	20	25,5	24,5			75	128	74			–	–		–	–	–
	7214	70	125		21	26,5	26,0			80	138	79			14,2	17,4		95 900	82 100	
	7215	75	130		22	27,5	27,0	85	148	84	106 000	95 200								
	7216	80	140	28	24	28,5	28,0	3,0	16	90	158	90	16,7	17,0	109 000	91 400	2 000			
	7217	85	150			31,0	30,0			95	166	96			109 000	91 400				
7218	90	160	31			26	32,5			31,5	14	102			175	100	17,5	20	141 000	125 000

Продовження таблиці Б.3

Підшипник		Розміри, мм														Вантажність, Н		P _{найб.} об/хв.
серія	номер	d	D	B	C	T		r	α, град	d _a , max	D _a , max	d _b , min	Ролики		C	C ₀		
						max	min						середній діаметр D _T	дов- жина, l				
Середня	7304	20	52	16	13	16,5	16,0	2,0	11	27	45	27	8,0	10,2	25 000	17 700	8 000	
	7305	25	62	17	15	18,5	18,0		14	33	55	32	9,5	10,0	29 600	20 900	6 300	
	7306	30	72	19	17	21,0	20,5			38	65	37	9,9	12,7	40 000	29 900	5 000	
	7307	35	80	21	18	23,0	22,5	2,5	12	43	71	44	11,7	14,8	48 100	35 300		4 000
	7308	40	90	23	20	25,5	25,0		11	50	80	49	13,1	14,2	61 000	46 000		
	7309	45	100	26	22	27,5	27,0			56	90	54	14,3	16,0	76 100	59 300		
	7310	50	110	29	23	29,5	29,0	3,0	12	62	100	60	16,7	19,4	96 600	75 900	3 150	
	7311	55	120		25	32,0	31,0		13	67	110	65			102 000	81 500		
	7312	60	130	31	27	34,0	33,0	3,5	12	73	118	72	17,5	20,0	118 000	96 300	2 500	
	7313	65	140	33	28	38,5	35,5			80	128	77	18,7	21,0	134 000	111 000		
	7314	70	150	37	30		37,5			85	138	82	22,8	24,6	168 000	137 000	2 000	
	7315	75	160		31	40,5	39,5			91	148	87			178 000	148 000		
	7316*	80	170	39	33	42,5	41,0	4,0	97	158	92	–	–	–	–	–		
	7317	85	180	41	35	45,0	44,0		102	166	99	23,4	27,3	221 000	195 000	1 600		
7318	90	190	43	36	47,0	46,0	108		175	104	22,7	27,3	240 000	201 000				

Продовження таблиці Б.3

Підшипник		Розміри, мм													Вантажність, Н		P _{найб} , об/хв							
Серія	номер	d	D	B	C	T		r	α, град	d _a , max	D _a , max	d _b , min	Ролики		C	C ₀								
						max	min						середній діаметр D _T	дов- жина, l										
Легка широка	7504*	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–							
	7505*	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–							
	7506	30	62	20,5	17	21,5	21,0	1,5	14	37	55	36	7,9	13	36 000	27 000	6 300							
	7507	35	72	23,0	20	24,5	24,0	2,0	13	43	65	42	9,7	14,7	53 000	40 000	5 000							
	7508	40	80	23,5		25,0	24,5		14	48	72	47			60 000	44 000								
	7509	45	85		19				16	53	78	52	8,9	16,7	62 000	54 000								
	7510	50	90	20	2,5	27,0	26,5	15		69	100	69	11,6	18,6	80 000	61 000	3 150							
	7511	55	100	21					63						90	64		11,5	17,4	94 000	75 000			
	7512	60	110	28,0	24	30,0	29,5	14	75	110	74	13,4	22,0	119 000	98 000	2 500								
	7513	65	120	31,0	27	33,0	32,5	15	80	115	79			125 000	101 000									
	7514	70	125			33,5	33,0					85	120	84	130 000	108 000								
	7515	75	130	33,0	28	35,25	35,0	3,0	15	90	130	90	14,7	23,4	143 000	126 000	2 000							
	7516	80	140												39,0	38,0		96	140	95	15,5	25,7	162 000	141 000
	7517	85	150												36,0	30		39,0	38,0	102	150	100	17,3	27,6
	7518	90	160	40,0	34	43,0	42,0																	

Продовження таблиці Б.3

Підшипник		Розміри, мм													Вантажність, Н		n _{найб} , об/хв
		d	D	B	C	T		r	α, град	d _a , max	D _a , max	d _b , min	Ролики				
max	min					середній діаметр D _T	дов- жина, l						C	C ₀			
Середня широка	7604	20	52	21,0	18,5	22,5	22,0	2,0	11	27	45	27	7,9	13,0	29 500	22 000	6 300
	7605	25	62	24,0	21,0	25,5	25,0			33	55	32	8,9	16,7	45 500	36 600	
	7606	30	72	29,0	23,0	29,0	28,5		12	38	65	37	10,2	20,4	61 300	51 000	5 000
	7607	35	80	31,0	27,0	33,0	32,5	2,5	11	43	71	44	10,5	22,0	71 600	61 500	
	7608	40	90	33,0	28,5	35,5	35,0			50	80	49	12,0	23,4	80 000	67 200	
	7609	45	100	36,0	31,0	38,5	38,0			56	90	54	13,7	24,4	104 000	90 500	3 150
	7610	50	110	40,0	34,0	42,5	42,0	3,0	11	62	100	60	14,8	28,0	122 000	108 000	
	7611	55	120	44,5	36,5	46,0	45,0			67	110	65			148 000	140 000	2 500
	7612	60	130	47,5	39,0	49,0	48,0	3,5	12	73	118	72	17,0	33,0	171 000	157 000	
	7613	65	140	48,0	41,0	51,5	50,5			80	128	77			178 000	168 000	
	7614	70	150	51,0	43,0	54,5	53,5		13	85	138	82	19,8	35,0	204 000	186 000	2 000
	7615	75	160	55,0	46,5	58,5	57,5	11	91	148	87	21,2	40,0	249 000	235 000		
	7616	80	170	59,5	49,0	62,0	61,0	4,0	12	97	158	92	19,4	43,2	294 000	291 000	1 600
	7617	85	180	66,5	53,5	68,0	67,0			11	102	166	99	25,5	49,0	369 000	
	7618	90	190	73,0	61,5	78,0	77,0		12	108	175	104	27,3	53,0	451 000	459 000	

Примітка: Підшипники позначені (*) будуть вводитися по мірі розвитку промисловості.

Додаток В
(довідковий)

Зображення стандартних підшипників кочення

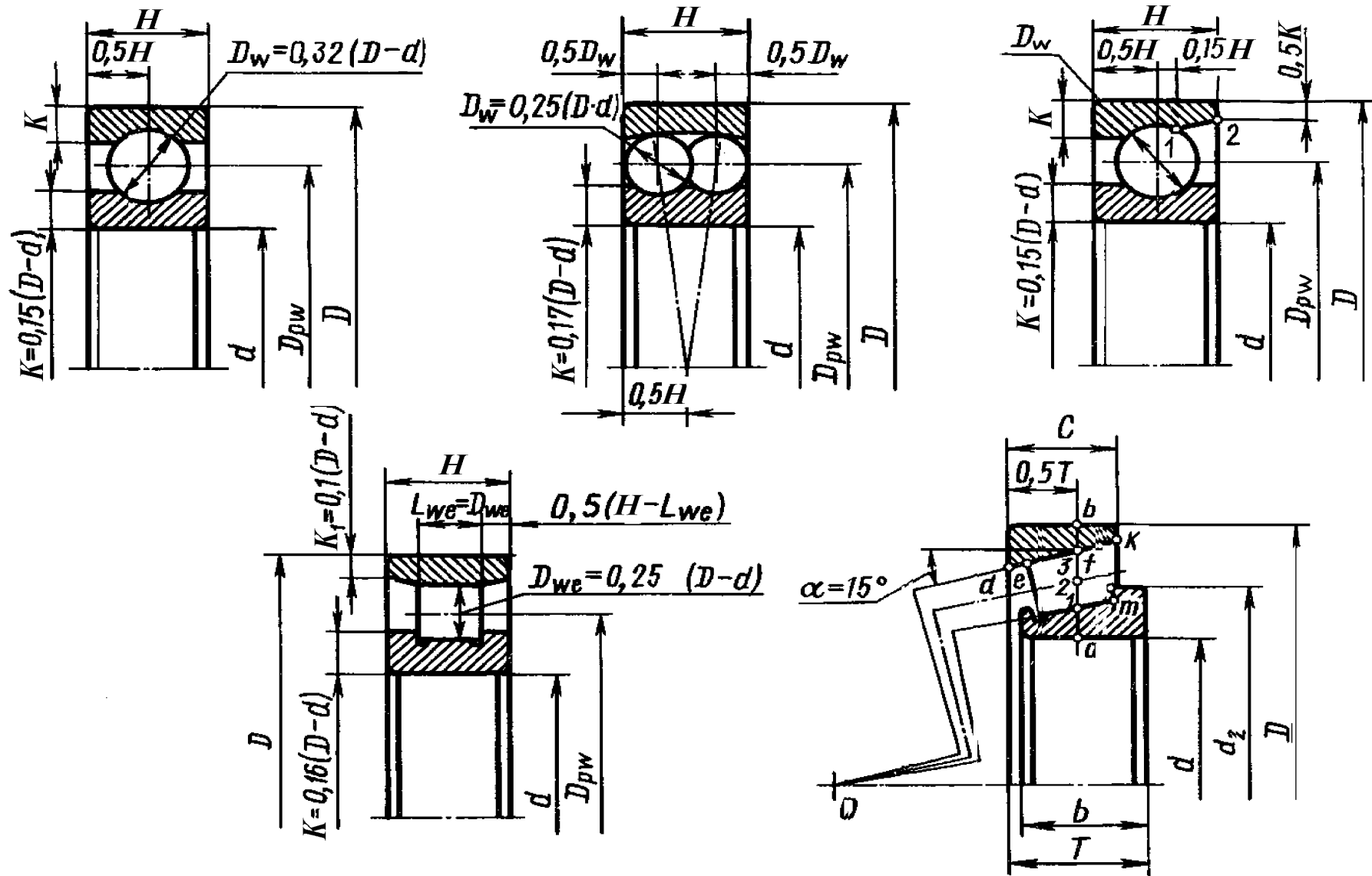


Рисунок В.1 - Зображення стандартних підшипників на кресленнях складальних і загального вида